

JOUKKOLIIKENTEEN MATKUSTAJALASKENTAJÄRJESTELMÄT

Laura Into

Aalto-yliopiston teknillisen korkeakoulun
yhdyskunta- ja ympäristötekniikan
laitoksella professori Timo Ernvallin
valvonnassa tehty diplomityö.

Espoo 22.2.2010

Tekijä:	Laura Into		
Diplomityö:	Joukkoliikenteen matkustajalaskentajärjestelmät		
Päivämäärä:	22.2.2010	Sivumäärä:	115 + 11 liitt.
Professuuri:	Liikennetekniikka	Koodi:	Yhd-71
Valvoja:	Professori Timo Ernvall		
Ohjaaja:	DI Marko Vihervuori		
Avainsanat:	Matkustajalaskennat, automaattiset matkustajalaskentalaitteet		
<p>Joukkoliikenteen matkustajamäärätietoa kerätään tutkimuksia sekä linjasto- ja aikataulusuunnittelua varten. Tiedonkeruumenetelmänä voidaan käyttää käsinlaskentoja, rahastuslaitteita tai automaattisia matkustajalaskentajärjestelmiä. Automaattiset matkustajalaskentalaitteet laskevat automaattisesti nousevat ja poistuvat matkustajat jokaiselta pysäkiltä linjan reitin varrelta. Laitteet keräävät lisäksi tietoa etäisyyksistä, tapahtumien ajankohdista ja viipeistä.</p> <p>Työn tavoitteena oli tutkia HKL:n uuden automaattisen matkustajalaskentajärjestelmän soveltuvuutta joukkoliikenteen tutkimus- ja suunnitteluprosesseihin seuraamalla laitteen käyttöönottoa asennuksesta tiedon loppukäyttöön asti. Muiden suomalaisten ja ulkomaisten kaupunkien matkustajalaskentamenetelmiä ja -kokemuksia selvitettiin sähköpostikyselyn avulla. Kyselyyn vastanneista kaupungeista 54 % käyttää pääasiallisesti automaattisia matkustajalaskentalaitteita, 37 % rahastuslaitteita ja 7 % käsinlaskentoja matkustajalaskentoihin. Infrapunailmaisimet ovat yleisin käytetty tekniikka. Jo 10–20 % kalustosta varustaminen laitteilla on riittävä useimpien kaupunkien tarpeisiin. Yleisimmät ongelmat koskevat raakatiedon prosessointia, raportointia tai ylläpitoa.</p> <p>HKL:n matkustajalaskentajärjestelmän virhetarkastelut osoittivat, että laite laskee nousijoita liian vähän (virhe -1,8 %) ja poistujia liian paljon (virhe 2,7 %). Kuormituksista tulee lopulta negatiivisia ja matkustajakilometrejä jää laskematta. Laitteen mittaustarkkuus ei riipu matkustajamäärästä. Mittaustarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat pienet lapset, oviaukossa turhaan oleilu ja matkustajien kantamat isot laukut. Myös lastenvaunuilla sekä nousu- ja poistumistavalla voi olla vaikutusta, mutta tässä tarkastelussa se ei käynyt selvästi ilmi. Matka-ajat laite laskee luotettavasti.</p> <p>Laskentabussien kierrätystä ei ole saatu vielä toimimaan liikennöitsijöistä johtuen. Tämä on tarkoittanut sitä, että tietoa on saatu vain murto-osalta bussilinjoista. Raitioliikenteen laskentavaunujen kierrätys on toiminut. Lisäksi raitioliikenteen rengaslinjojen kuormitukset ovat virheellisiä. Suoritettujen virhetarkastelujen perusteella laitteen tietoja voidaan käyttää tutkimus- ja suunnitteluprosesseissa vaikkakin sovelluksen kehitystyö on vielä kesken.</p> <p>Luultavasti tulevaisuudessa rahastuslaitteet suorittavat myös matkustajalaskennan. Näin välttyttäisiin monelta rinnakkaiselta järjestelmältä.</p>			

Faculty of Engineering and Architecture			
Author:	Laura Into		
Thesis:	Passenger counting devices in Public transport		
Date:	22.2.2010	Number of pages:	115 + 11 app.
Professorship:	Transportation engineering	Code:	Yhd-71
Supervisor:	Prof. Timo Ernvall		
Instructor:	M. Sc. Marko Vihervuori		
Key Words:	Passenger counting, automatic passenger counters, APC		
<p>Passenger countings in public transport are carried out for the purpose of research and network and schedule planning. The means of data collection varies from manual counts (paper and pencil) to automatic fare collection devices and automatic passenger counters. Automatic passenger counters (APCs) counts automatically boardings and alightings on every stop on the line's route. Furthermore APCs collect data from distances, time and delays.</p> <p>The purpose of the study is to examine the suitability of HKL's new automatic passenger counting device for the research and transport planning processes. The implementation of the device is followed from the installation to the end use of the data. An e-mail questionnaire was conducted to find out passenger counting methods and experiences in other cities in Finland and abroad. Majority of responded cities 54 % use an APC to collect ridership data. 37 % use automatic fare collection devices and 7 % use manual counts. The most common APC technology used is infrared devices. For most cities it is enough to equip only a 10-20 % of the fleet by devices. Majority of the problems with APCs concern processing of raw data, reporting and maintenance.</p> <p>The outcome of the mistake examination was that HKL's APC undercounts boardings (error -1,8 %) and over counts alightings (error 2,7 %). Load becomes negative and passenger kilometres are missed. The factors which affect the counting accuracy are small children, needles stay in the doorway and big suitcases. The number of boardings and alightings doesn't affect the accuracy. Added to this also the baby carriages and the way of boarding/alighting may have a small effect but in this study it didn't emerge. Travel times APC counts reliable.</p> <p>The circulation of busses doesn't work yet due to the bus operators. In addition the device doesn't count reliable the loads of the circle tram lines. Problems in flow of information have inflicted delays in initialization. The outcome of this study suggests that the reliability and the level of accuracy achieved with the APC are sufficient for the purposes of public transport planning and research.</p>			

ALKUSANAT

Ensimmäisenä haluaisin kiittää HKL:ää mahdollisuudesta tämän diplomityön tekemiseen. HKL:n suunnitteluyksikön tutkimustiimistä erityisen kiitoksen ohjauksesta ja lukemattomista neuvoista ansaitsevat Marko Vihervuori sekä Esko Kokki. Lisäksi HKL:n suunnittelijoiden tarjoama tieto aiheesta on ollut korvaamatonta.

Professori Timo Ernvallia kiittäisin työhöni käytetystä ajasta sekä kannustavista kommentteista työn aikana.

Lopuksi osoittaisin suuret kiitokset perheelle sekä Juholle, Katille, Villelle, Katjalle ja Lindalle siitä, että olette jaksaneet kuunnella ja tukea.

Helsingissä 28.1.2010

Laura Into

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
ALKUSANAT	4
SISÄLLYSLUETTELO	5
LIITELUETTELO	7
TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT	8
1 JOHDANTO	10
1.1 Tutkimuksen tausta	10
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset	11
2 TUTKIMUSMATERIAALI JA KÄYTETYT MENETELMÄT	12
2.1 Aikaisemmat tutkimukset	12
2.2 Sähköpostikysely	13
2.3 HKL:n uusien laskentalaitteiden käyttöönotto	13
2.4 Haastattelut	14
3 MATKUSTAJALASKENTALAITTEET JOUKKOLIKENNETUTKIMUSTEN TUKENA	15
3.1 Matkustajalaskennat ja matka-aikamittaukset	15
3.2 Matkustajalaskentamenetelmät	17
3.3 Automaattisten matkustajalaskentalaitteiden toimintaperiaate	19
3.4 Automaattisia matkustajalaskentalaitteita	22
3.4.1 Mattoilmaisimet	22
3.4.2 Bussien ilmajousien painearvoja mittaavat laitteistot	23
3.4.3 Infrapunasensorit	24
3.4.4 Lasersäteet	26
3.4.5 Videoanalyysi	27
3.4.6 Ajoneuvon vaikutus APC-järjestelmien mittaustarkkuuteen	28
4 MATKUSTAJALASKENTAMENETELMÄT MAAILMALLA	31
4.1 Automaattisten matkustajalaskentalaitteiden käyttö	31
4.2 Kaluston ja linjojen varustaminen laskentalaitteilla	36
4.3 Tietojen jatkokäsittely	40
4.4 Tarkkuus ja laadunvarmistus	41
4.5 Kokemukset ja tulevaisuuden toiveet	42
4.6 Oslon seutuliikenne esimerkkinä	45
4.7 Päätelmät	47
5 HKL:N MATKUSTAJALASKENNAT JA MATKA-AIKAMITTAUKSET	49
5.1 Matkustajalaskentamenetelmät aikojen saatossa HKL:llä	49
5.2 HKL:n matkustaja- ja matka-aikamittaukset eri kulkumuodoissa	51
6 HKL:N UUSI AUTOMAATTINEN MATKUSTAJALASKENTALAITTE	56
6.1 Hankinnan tausta ja tavoitteet	56
6.2 Laitteiston kuvaus (HKL:n ratkaisu)	57
6.3 Asennuksen kulku HKL:n raitiovaunuihin	62
6.4 Tietokanta ja raportointityökalu DavisWeb Mobile	63
6.4.1 Tietokanta	63
6.4.2 Raporttien luominen Daviswebissä	66
7 HKL:N RAITIOVAUNUJEN LASKENTALAITTEIDEN VIRHETARKASTELUT	69
7.1 APC-järjestelmän tarkkuuden vertaaminen käsinlaskentoihin	69
7.1.1 Tarkastelujen periaatteet	69
7.1.2 Virhetarkastelujen tulokset	71
7.1.3 Mittaustarkkuuteen vaikuttavat tekijät	79

7.2	APC-järjestelmän tietojen vertaaminen muiden järjestelmien tietoihin	83
7.2.1	Periaatteet	83
7.2.2	Matkakorttijärjestelmään vertaaminen	83
7.2.3	HELMI-järjestelmään vertaaminen	85
7.2.4	Raitiolinjojen poikkileikkaslaskentoihin vertaaminen	86
7.2.5	ATR:ään vertaaminen	87
7.3	Päätelmät	88
8	KÄYTTÖÖNOTTO	89
8.1	Ylläpito	89
8.2	Laskenta-ajoneuvojen kierrätys	90
8.3	Raportointi	92
8.3.1	Tausta	92
8.3.2	Matkustajamääräraportointi	93
8.3.3	Matka-aikatietojen raportointi	95
8.4	Käyttöönnoton ongelmat	97
8.4.1	Laitteisto	97
8.4.2	Tiedon prosessointi ja raportointisovellus DavisWeb Mobile	98
9	MATKUSTAJALASKENTALAITTEIDEN TULEVAISUUS	101
9.1	Tulevaisuuden toiveet	101
9.2	Automaattisten matkustajalaskentalaitteiden mahdollisuudet	101
9.3	Uusi taksa- ja lippujärjestelmä	103
10	YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	105
	LÄHDELUETTELO	109
	LIITTEET	116

LIITELUETTELO

Liite 1: Kyselyn vastaanottajat

Liite 2: Kyselylomake: A questionnaire concerning the usage of automatic passenger counters

Liite 3: Matkustajalaskentamenetelmät kyselyyn vastanneissa kaupungeissa

Liite 4: Virheilmoitusesimerkki

Liite 5: Raitiovaunujen automaattisten matkustajalaskentalaitteiden asennussuunnitelma

Liite 6: Virhetarkastelun laskentalomake

Liite 7: Raitiolinjakartta

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

APC	Automatic passenger counter. Lyhenne kaikille automaattisille matkustajalaskentalaitteille.
ATR	Automatisk trafikräkning. HKL:llä aiemmin käytössä ollut automaattinen matkustajalaskentalaitte, joka oli vuokrattu ruotsalaiselta Åf Infrastuktur AB:ltä.
AVL	Automatic vehicle location. Automaattinen ajoneuvon paikannusjärjestelmä. Yleisimmin käytetty tekniikka on GPS tai radioaaltoihin perustuva RFID.
BEST -tutkimus	Benchmarking in European service of public transport. Vuosittain tehtävä tutkimus, jossa selvitetään matkustajien asennetta joukkoliikenteeseen tutkimukseen osallistuneissa Euroopan kaupungeissa.
GPS	Global positioning system. Sateliittipaikannusjärjestelmä.
HKL	Helsingin Kaupungin HKL-liikelaitos. HKL:n suunnitteluyksikkö hoiti Helsingin kaupungin sisäisen joukkoliikenteen suunnittelun ja bussilinjojen kilpailuttamisen vuoden 2009 loppuun asti.
HELMI-järjestelmä	Helsingin joukkoliikenteen liikennevaloetus- ja matkustajainformaatiojärjestelmä.
HSL	Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymä, joka aloitti toimintansa 1.1.2010. HSL yhdisti YTV:n ja HKL:n joukkoliikenteen suunnittelu- ja tilaajaorganisaatiot.

JORE	HKL-liikelaitoksella ja YTV:llä käytetty joukko-liikennerekisteri, jossa on kaikkien linjojen aikataulu- ja linjastotiedot.
Lähtöketju	Kertoo, millä linjalla ja lähdöissä ajoneuvot ovat.
Profiililaskenta	Lasketaan yhden joukkoliikennelinjan matkustajamäärät eri tieosuuksilta.
Rengaslinja	Raitiolinjat, jotka kulkevat ”rengasta” koko ajan yhteen suuntaan. Tällaisilla linjoilla matkustajia jää usein kyytiin päätepysäkillä. HKL:n raitiolinjoista tällaisia ovat 3B, 3T, 7A, 7B ja myös 9 reitin toisessa päässä.
Sign-post -teknologia	Paikannukseen tarkoitettu teknologia, joka aiemmin oli yleinen tapa ajoneuvon sijainnin määrittämiseen. Sign-post -menetelmässä ajoneuvoon on asennettu lukijalaite, joka lähettää jatkuvasti radiosignaalia. Teiden varsille on vastaavasti aseteltu tunnistemerkkejä (tageja), joissa on oma saattomuistinsa. Tagin ollessa tarpeeksi lähellä lukijalaitetta (ajoneuvoa) vastaa se kutsuun omalla yksilöllisellä tunnisteellaan (Kosonen 2009).
YTV	Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV huolehti vuoden 2009 loppuun asti Helsingin, Espoon, Kauniaisten ja Vantaan liikennejärjestelmäsunnittelusta ja seudullisesta joukkoliikenteestä, jätehuollosta, ilmanlaadun seurannasta, ylläpiti seututietoja ja teki seudullisia selvityksiä. (YTV 2009a.)

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Joukkoliikenteen kokonaismatkustajamäärien arvioimiseksi tehtävillä matkustajalaskennoilla on merkittävä rooli liikenteen palvelutason suunnittelussa, aikataulujen laatimisessa ja matkustajamäärien ennustamisessa. Systeemitasolla kokonaismatkustajamäärät ovat tärkeä mitta liikennelaitoksen menestykselle, mikä on yksi syy matkustajamäärien ja lipputulosten seurantaan. Joukkoliikennelinjan yksittäisen lähdön matkustajamäärät tarjoavat hyvän mittarin sen kysynnälle. Joukkoliikennepalvelujen ja aikataulujen suunnittelijat käyttävät vielä tarkempia lähtö- ja pysäkkikohtaisia matkustajamäärätietoja palvelutason analysoimiseen sekä reittien ja pysäkkimäärien muuttamiseen, jotta joukkoliikennepalvelujen tarjonta vastaisi matkustajien kysyntää. Tietoa tapahtumien ajankohdista kerätään samassa yhteydessä kuin matkustajamääriä, ja sitä hyödynnetään ajoaikojen ja aikataulujen pitävyyden valvomiseen. (Boyle 1998.)

Kaupungit laskevat joukkoliikenteen matkustajia monin eri tavoin vaihdellen käsinlaskennoista erityyppisten automaattisten matkustajalaskentalaitteiden (APC) käyttöön. Usein monia menetelmiä käytetään rinnakkain toistensa tukena. Käsinlaskennoilla matkustajamäärätietojen kerääminen on hyvin aikaa vievää ja kallista sekä tyypillisesti antaa tuloksena tietoa vain muutamilta päiviltä. Poikkeava tapahtuma, kuten liikenneonnettomuus, suuri yleisötapahtuma tai epätavallinen sää laskentapäivänä, voi helposti vääristää tuloksia.

Automaattiset matkustajalaskentalaitteet sen sijaan luovat paljon laajemman tietokannan ja keräävät monia havaintoja jokaiselta ajokerralta. Vielä kymmenen vuotta sitten käsinlaskennat oli yleisin tapa laskea matkustajia. Nykyään kuitenkin teknologiat nousija- ja poistujamäärien laskemiseen, luotettavan sijaintitiedon saamiseen sekä tiedon prosessointimenetelmät ovat kehittyneet. Niiden myötä APC-teknologioiden käyttö analyyttisenä työkaluna on yleistynyt kaiken kokoisissa kaupungeissa, usein yhdessä ajoneuvon automaattisen paikannusjärjestelmän (AVL), parannetun matkalippujärjestelmän ja paikkatietojärjestelmän (GIS) kanssa. Näiden järjestelmien ansiosta matkustajamäärätietojen ajoittaminen ja luotettavuus ovat parantuneet. Tämä

puolestaan on rohkaissut kaupunkia luottamaan yhä enemmän laitteiden antamaan tietoon, ja käyttämään sitä monipuolisemmin hyväkseen. (Boyle 2008.)

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Tämä tutkimus on tehty Helsingin kaupungin HKL-liikelaitokselle (myöhemmänä HKL). HKL:lle kolmeen raitiovaunuun kevään 2009 aikana hankitut automaattiset matkustajalaskentalaitteet luovat työlle pohjan. Niiden käyttöönottoa seurataan aina asennuksesta tiedon loppukäyttöön asti.

Tutkimuksessa tarkastellaan aluksi kirjallisuuden pohjalta joukkoliikenteen matkustajalaskenta- ja matka-aikamittausten tarkoituksia ja menetelmiä sekä tutustutaan matkustajalaskentajärjestelmien historiaan. Tänä päivänä käytössä olevia matkustajalaskentamenetelmiä tutkitaan sähköpostikyselyn avulla. Kyselyn vastausten perusteella analysoidaan muiden kaupunkien matkustajalaskentakäytäntöjä ja kokemuksia matkustajalaskentajärjestelmistä.

Työssä tutkitaan HKL:n uuden matkustajalaskentajärjestelmän laitteistossa sekä raportoinnissa esille tulleita ongelmia ja etsitään niihin ratkaisuja. Tavoitteena on luoda HKL:lle toimivat ja tehokkaat matkustajamäärä- ja matka-aikamittausten prosessointikäytännöt. Laitteiden tuottaman tiedon tarkkuutta tutkitaan erilaisin menetelmin. Tarkastelujen pohjalta analysoidaan matkustajalaskentalaitteiden tuottaman tiedon luotettavuutta ja etsitään mittausrvirheiden syitä.

Työssä tutustutaan tarkemmin HKL:n raitiovaunuihin asennettuihin Dilax Intelcom GmbH:n (myöhemmin Dilax) laitteisiin, mutta työtä ei kuitenkaan rajata pelkästään yhteen joukkoliikennevälineeseen tai matkustajalaskentalaitteeseen. Tutkimuksessa keskitytään pääasiassa automaattisiin matkustajalaskentalaitteisiin ja muita laskentamenetelmiä käsitellään vain niiltä osin, kuin ne sivuavat laitteiden käyttöä.

Vuoden 2010 alusta joukkoliikenteen suunnittelu- ja tilaajapalvelut yhdistyivät Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymäksi (HSL). HSL:n jäsenkuntia ovat Helsinki, Espoo, Vantaa, Kauniainen, Kerava ja Kirkkonummi. Kuntayhtymä vastaa jäsenkuntiensa joukkoliikenteen suunnittelusta, järjestämisestä ja matkustajainformaatiosta sekä Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelman laatimisesta. Työn tekovaiheessa HKL ja Pääkaupunkiseudun yhteistyövaliokunta (YTV) toimivat kuitenkin erillisinä organisaatioina, minkä vuoksi työssä vielä puhutaan niistä eikä HSL:stä.

2 TUTKIMUSMATERIAALI JA KÄYTETYT MENETELMÄT

2.1 Aikaisemmat tutkimukset

Automaattisten matkustajalaskentalaitteiden käyttöä ei ole Suomessa aiemmin juuri tutkittu. Vuonna 1993 Marcus Merin teki diplomityön aiheesta ”Joukkoliikenteen seurantajärjestelmän, MATLA 2000:n soveltuminen Helsingin kaupungin liikennelaitoksen linja-autoliikenteen matkustajalaskentoihin ja matka-aikamittauksiin”. Diplomityö tehtiin HKL:n sillä hetkellä uudesta ilmajousitetun linja-auton jousien painenvaihtelujen mittaukseen perustuvasta automaattisesta matkustajalaskentalaitteesta. Kyseistä laskentalaitetta ei kuitenkaan ole enää käytössä. Työhön tehty taustoitus muiden kaupunkien käyttämistä menetelmistä on myös jo vanhentunutta tietoa.

Ulkomaisia tutkimuksia automaattisista matkustajalaskentalaitteista löytyy pääasiassa Pohjois-Amerikasta. Daniel Boyle on tutkinut kahteen kertaan (1998 ja 2008) automaattisten matkustajalaskentalaitteiden käyttöä Yhdysvalloissa ja Kanadassa. Kummassakin tutkimuksessa on kyselytutkimuksella kartoitettu Pohjois-Amerikan liikennelaitoksien matkustajalaskentamenetelmiä. Kyselyiden perusteella on koottu yhteen eri laskentatekniikoiden hyvät ja huonot puolet. Tutkimusten tarkoitus on toimia ohjeena eri tekniikoita harkitseville kaupungeille. Vuonna 1998 automaattisten matkustajalaskentalaitteiden käyttöprosentti oli 24 (8 kaupunkia 33:sta käytti APC:tä), kun vuonna 2008 laitteita käytti jo yli puolet (45 kaupunkia 86:sta) vastanneista.

Laurence Reuter (2003) kartoitti maailmanlaajuisesti liikennelaitoksien matkustajalaskenta- ja palveluntarjontakäytäntöjä. Tämän tutkimuksen perusteella käsinlaskenta oli edelleen yleisin matkustajalaskentamenetelmä. Rahastuslaitteiden avulla (elektroniset kassakoneet, älykortit jne.) saatavat tiedot ja infrapunailmaisimilla toimivat APC-järjestelmät olivat tämän jälkeen yleisimpiä.

Lisäksi työssä on käytetty materiaalina monien automaattisten matkustajalaskentalaitteiden valmistajien esitemateriaaleja. Esimerkiksi Dilax Intelcom GmbH:n ja Iris GmbH:n. Käytettyjen esitteiden tiedot kokonaisuudessaan löytyvät lähdeluettelosta.

2.2 Sähköpostikysely

Joukkoliikenteen matkustajalaskentamenetelmiä maailmalla selvitettiin sähköpostitse lähetetyllä kyselyllä. Kysely ei koskenut ajoaikojen mittaamista, vaikka sekin yleensä on APC-järjestelmien ominaisuus. Kyselylomake lähetettiin 52 kaupunkiin Suomeen ja ulkomaille kesällä 2009 (liite 1). Kysely täytettiin myös HKL:lla. Siten otoksessa oli 53 kaupunkia, joista Euroopasta oli 45, Aasiasta 2 ja Pohjois-Amerikasta 6. Suomesta ja ulkomailta otokseen valittiin suurimpia kaupunkeja. Yhteystiedot haettiin pääasiassa Internetin avulla, ja myös Dilaxin referenssilistaa sekä BEST-tutkimuksessa¹ mukana olevien kaupunkien yhteystietoja käytettiin hyväksi.

Kyselylomake (liite 2) lähetettiin ensimmäisen kerran kesäkuun 2009 alussa, ja vastausta toivottiin ennen kesälomia. Heinäkuussa lähetettiin ensimmäinen muistutus, elokuussa toinen ja vielä syyskuussa kolmas. Tämänkin jälkeen osaa kaupungeista muistuteltiin satunnaisesti. Suomen kaupunkeihin soitettiin perään, jos vastausta ei vielä ole kuulunut.

2.3 HKL:n uusien laskentalaitteiden käyttöönotto

HKL:n uusien automaattisten matkustajalaskentalaitteiden asennusta havainnoitiin paikan päällä ja poikkeamat asennussuunnitelmaan nähden sekä esille tulleet ongelmat dokumentoitiin. Dilaxin asentajat kirjasivat myös itse ylös kaikki poikkeamat alkuperäiseen asennussuunnitelmaan nähden ja lopuksi täyttivät Dilaxin oman tarkistuslistan asennuksen kulusta.

Laitteiden laskentatarkkuudesta tehtiin virhetarkastelu vertaamalla käsinlaskentoihin. Testauksen yhteydessä havainnoitiin mahdollisia virhelähteitä, jotka saattaisivat vaikuttaa laskentatulokseen. Tämän lisäksi laitteiden tuloksia verrattiin matkakorttijärjestelmän, HELMI-järjestelmän ja käsintehtävien poikkileikkauslaskentojen tuloksiin. Tiedon loppukäytön vaatimuksia HKL:lla tutkittiin suunnittelijoilta saatujen kommenttien sekä aiemmin käytössä olleiden menetelmien pohjalta. Uuden ja vanhan matkustajalaskentalaitteen eroja vertailtiin karkeasti.

¹ Best-tutkimus: <http://www.best2005.net/>

2.4 Haastattelut

HKL:lle laskentalaitteet toimittaneen Dilaxin henkilökunnasta haastateltiin laitteita asentamassa olleita insinöörejä Nico Reetziä ja Christian Landea. Haastattelut koskivat pääasiassa laitteiden mittaustarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä eri joukkoliikennevälineissä.

Tärkeimmän pohjan tutkimukselle ovat luoneet lukuisat keskustelut HKL:n suunnitteluyksikön henkilökunnan kanssa. Liikennetutkimustimistä Marko Vihervuorta ja Esko Kokkia haastateltiin lukemattomia kertoja. Liikennesuunnittelijoilta saadut kommentit määrittivät raportoinnin vaatimukset. Heiltä saatiin arvokasta kokemukseen perustuvaa tietoa joukkoliikennetutkimuksista sekä -suunnittelusta.

3 MATKUSTAJALASKENTALAITTEET

JOUKKOLIKENNETUTKIMUSTEN TUKENA

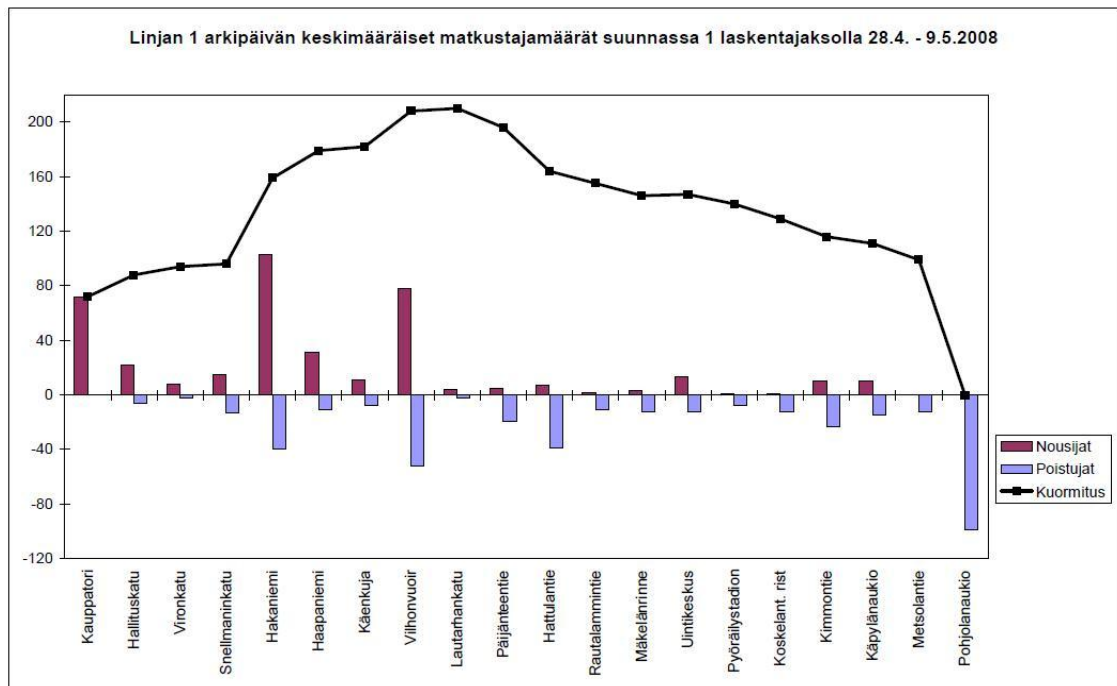
3.1 Matkustajalaskennat ja matka-aikamittaukset

Joukkoliikenteen matkustajalaskennoilla halutaan määrittää kunkin linjan käyttäjämäärät eri aikajaksoina. Laskennoilla pyritään tuottamaan tiedot eri vuodenaikojen tyypillisen arkipäivän, lauantain ja sunnuntain matkustajamääristä tunneittain ja ajosuunnittain. Tietoa käytetään aikataulu- ja linjastosuunnitteluun sekä tilastointiin. Aikataulusuunnittelijat voivat tietojen perusteella muokata linjojen vuorovälejä ja linjastosuunnittelijat linjojen reittejä vastaamaan paremmin kysyntää. Linjojen vuorovälien ja ajoaikojen perusteella määräytyy tarvittava kalustomäärä vallitsevien matkustajamäärien kuljettamiseen.

Matkustajalaskennat voidaan jakaa poikkileikkaus- ja profiililaskentoihin. *Poikkileikkauslaskennalla* selvitetään usean eri linjan matkustajamäärät samassa pisteessä eri aikoina yleensä ajoneuvon ulkopuolelta käsin laskemalla. (Kurri 2007.)

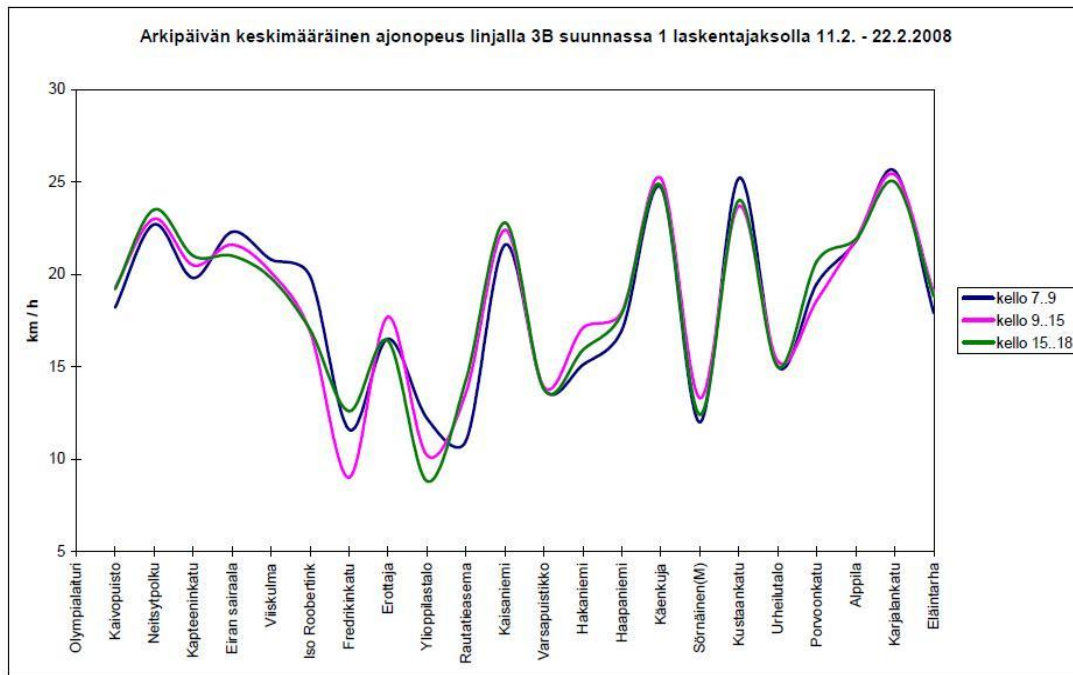
Profiililaskennalla selvitetään yhden linjan matkustajamäärät eri tieosuuksilla. Kaupunkiliikenteessä laskennan tekee yleensä mukana matkustava tarkkailija, joka laskee sekä nousevat että poistuvat matkustajat pysäkeittäin. Joissain tapauksissa kuljettaja voi laskea yhden vuoron aikana kulkuneuvon nousseiden matkustajien määrän. Nykyisin matka- tai älykorttijärjestelmistä ja automaattisista matkustajalaskentalaitteista saatavat tiedot ovat tehneet manuaaliset profiililaskennat osittain tarpeettomiksi. Rahastuslaitteista tai lipunmyyntitilastoista ei yleensä kuitenkaan saada tietoja poistuvista matkustajista eikä siten kuormituksista. (Kurri 2007.)

Profiililaskentojen perusteella voidaan määrittää linjan *kuormitusprofiili*, sillä sen määrittystä varten tarvitaan kulkuneuvon nousseiden ja siitä poistuvien matkustajien määrät pysäkeittäin. Kuormitusprofiili esittää kulkuneuvon matkustajamääriä linjan eri osissa (*kuva 1*). Se antaa havainnollisen kuvan matkustajamääristä ja niiden vaihteluista linjan eri osissa. Sitä voidaan käyttää muun muassa keskimääräisen matkanpituuden määrittämiseen, kun lisäksi tiedetään pysäkkien väliset etäisyydet. Kuormitusprofiili on tärkein taustatieto joukkoliikenteen suunnittelussa. (Kurri 2007.)



Kuva 1 Raitiolinja 1:n nousijat, poistujat ja kuormitukset laskentajaksolta 28.4–9.5.2008 (HKL 2008).

Matka-aikamittauksilla (kuva 2) pyritään määrittämään kullekin linjalle se aika, joka tarvitaan linjan liikennöimiseen reitin päästä päähän ja myös pysäkkien välisiä matka-aikoja seurataan. Tietoa tarvitaan linjojen aikataulusuunnittelussa sekä kalustomäärien arvioimisessa. Lisäksi matka-aikamittausten avulla reiteiltä pyritään löytämään sellaisia reittiosia, joissa esiintyy liikenteen sujuvuutta haittaavia liikenteellisiä häiriöitä, jotka aiheuttavat viipeitä. Liikenneviipeiksi kutsutaan pysäkkien välisiä pysähdysaikoja, jotka johtuvat esimerkiksi liikennevaloista tai tietyömaasta. Pysäkkiviive on se aika, jonka ajoneuvo on pysähtynyt pysäkillä. Matkustajien vaihto aika on se aika, joka kuluu matkustajien noustessa ja poistuessa pysäkillä. Ylimääräistä viivettä aiheuttavat häiriötekijät pyritään poistamaan esimerkiksi liikennejärjestelyin. Matka-ajat ja -nopeudet ovat nykyään saatavissa automaattisten matkustajalaskentalaitteiden tai älykorttijärjestelmien kautta. (Kurri 2007.)



Kuva 2 Raitiolinjan 3B ajonopeus (HKL 2008)

Tiedot matkustajamääristä, linjojen kuormituksista, matka-ajoista sekä ajonopeuksista tilastoidaan yleensä kuukausittain ja muutoksia arvoissa seurataan (Kurri 2007). Joissain maissa matkustajamäärätilastoja käytetään suunnittelun lisäksi muun muassa tulojen jakamisen perusteena eri liikennöitsijöille. Tietolähteinä tilastojen tekemisessä käytetään yleensä monia eri laskentamenetelmiä täydentämässä toisiaan. Tilastot luovat pohjan kaikille aiemmin mainituille tutkimustiedon käyttötarkoituksille.

3.2 Matkustajalaskentamenetelmät

Kaupungit ovat kautta aikojen olleet kiinnostuneita järjestämänsä joukkoliikenteen matkustajamääristä ja laskeneet niitä moninaisin menetelmin. Matkustajia on laskettu käsin, ja tietoja on saatu elektronisesti rekisteröivien kassakoneiden (EFR), älykorttijärjestelmien sekä tänä päivänä jo automaattisten matkustajalaskentalaitteiden avulla. (Letshwiti ja Lamprecht 2004.)

Käsinlaskentoja käytetään, ainakin vielä, yleisesti muulla tavoin hankittujen matkustajamäärätietojen lisänä. Käsinlaskenta on helposti toteutettavissa eikä se vaadi erityistä teknologiaa. Suurimmat ongelmat sen sijaan syntyvät neljästä päätekijästä:

- tiedon tarkkuuden ja yhtenäisyyden vaihteluista
- menetelmän vaatimasta suuresta työpanoksesta
- laskijoiden tekemän työn luotettavuuden epävarmuudesta
- suurista kuluista ja niistä johtuvista rajoituksista tiedonkeruuresursseihin

Tarkkuus on huolenaiheena kaikissa tiedonkeruumenetelmissä. Käsineläskenoissa virheitä tulee tiedonkeruun alkuasteella, kuten laskijoiden työnlaadun vuoksi. Virheet ovat luonteeltaan satunnaisia ja hankala korjauskertoimin myöhemmin huomioda raakatiedon käsittelyssä. Suurin ongelma käsineläskennassa on kuitenkin siihen tarvittava suuri työäärä. Kattavan tiedon hankkimiseksi tarvitaan paljon laskijoita, mikä maksaa. Suuret kulut luovat rajoituksia siihen, miten laajassa mittakaavassa tietoa voidaan kerätä. (Boyle 1998.)

Elektronisesti rekisteröivät kassakoneet (ERF) laskevat matkustajat lipun ostotapahtuman yhteydessä. Ajoneuvon kuljettajan täytyy jokaisen matkan alussa syöttää koneeseen koodi, josta reitti, linjan numero ja uuden matkan alkaaminen tunnistetaan. Älykortin toimintaperiaate on lähes sama kuin kassakoneissa: matkat rekisteröityvät matkaa maksettaessa, eli matkustajan näyttäessä älykorttiaan (matkakorttia) lukijalaitteelle. Vaihtomatrustajien ja henkilöiden, joilla on oikeus matkustaa liputta, rekisteröiminen tuottaa kuitenkin lipputyypistä ja kuljettajan toiminnasta riippuen hankaluuksia. Vaihlossa paperikertaliput yleensä vain näytetään kuljettajalle, jolloin kuljettajan tulisi rekisteröidä matka käsin, mutta kuljettajat eivät kuitenkaan tätä aina muista tai halua tehdä. Jos bussissa on käytössä älykorttijärjestelmä, vaihtomatrustajat näyttävät lukijalle korttiaan, jolloin kuljettajan toimia ei tarvita. Avointa rahastusta käyttävissä raitiovaunuissa, junissa ja metrossa älykortin näyttöä ei sen sijaan vaadita, minkä vuoksi matkustajamääriä ei älykorttijärjestelmän kautta saada näissä kulkumuodoissa luotettavasti. (Boyle 1998, Vihervuori 2009a)

Monessa kaupungissa matkustajia lasketaan edelleen rahastuslaitteiden avulla. Syynä niiden hankintaan ovat muut tekijät kuin matkustajalaskenta, mutta matkustajamäärien rekisteröinti tuo lisähyötyä. Elektronisesti rekisteröivien kassakoneiden ja älykorttijärjestelmien kautta nousevien matkustajien määrät on helposti saatavissa ja tieto kattaa kaikki linjat ja lähdöt. Silti ongelmana on, että tietoa poistuvista matkustajista, ja siten linjojen eri kohtien kuormituksista, ei saada.

Varsinkin metroasemilla käytetään usein kääntöportteja. Ne päästävät matkustajat sisään ja ulos ajoneuvosta tai rakennuksesta ja laskevat samalla mekaanisesti matkustajamäärät. (Letswiti ja Lamprecht 2004).

Automaattisilla matkustajalaskentalaitteilla on liikennealalla jo noin 30 vuoden historia. Suomessa laitteet ovat olleet käytössä hieman alle 20 vuotta. Tampereen kaupunkiliikenne TKL otti ensimmäisenä Suomessa käyttöön MATLA 2000 - matkustajalaskentalaitteen, joka määrittä matkustajamäärät ilmajousitetun bussin jousien painenvaihtelujen perusteella. Vuonna 1992 sama järjestelmä otettiin käyttöön myös HKL:lla ja se oli käytössä vuoteen 2000 asti. (Kokki 2009a.)

3.3 Automaattisten matkustajalaskentalaitteiden toimintaperiaate

Automaattiset matkustajalaskentalaitteet, lyhyemmin APC:t (eng. automatic passenger counter), ovat laitteita, jotka automaattisesti laskevat nousevien ja poistuvien matkustajien määrän jokaiselta pysäkiltä reitin varrella. Nykypäivänä laitteista saadaan matkustajamäärien lisäksi yksityiskohtaista tietoa muun muassa nopeudesta, matka-ajasta ja viipeistä (pysäkki- ja liikenneviipeet). APC:t luovat jokaiselta pysäkiltä elektronisen rekisterin, joka yleensä pitää sisällään tiedot:

- päivämäärästä ja ajankohdasta, jolloin linja-auto pysähtyi,
- pysähdyspaikasta,
- ovien auki ja suljettuna oloajasta sekä
- nousevien ja poistuvien matkustajien määristä.

Varsinkin profiililaskennassa käytetään yhä enemmän automaattisia matkustajalaskentalaitteita joko sellaisenaan tai maksujärjestelmään yhdistettyinä (RAPTS 2006, RIL 2005).

Laitteet rekisteröivät nousevat ja poistuvat matkustajat ilmaisimien avulla. Tänä päivänä yleisimpiä ovat oviaukkoon asennettavat infrapunasensorit, mutta muita mahdollisuuksia ovat muun muassa mattoilmaisimet tai ajoneuvon painonvaihteluja seuraavat mittarit.

Ajoneuvon ovien asentoa seurataan usein ovisensoreiden avulla. Laite ei vastaanota lainkaan tietoa laskentasensoreilta ovien ollessa suljettuina. Tämä takaa sen, että matkustajien turha oleskelu oviaukoissa ei aiheuta ylimääräisiä nousuja tai poistumisia matkustajamääriin.

Tapahtumien paikantamiseksi oikealle pysäkillä ja linjalle on ajoneuvoissa yleensä asennettuna automaattinen ajoneuvon paikannusjärjestelmä (AVL). Paikannusmenetelmänä voidaan käyttää esimerkiksi sign-post -tekniikkaa tai GPS satelliittipaikannusjärjestelmää. Sign-post -tekniikassa ajoneuvoon on asennettuna lukijalaite, joka lähettää radiosignaalia jatkuvasti. Teiden varsille on vastaavasti aseteltu tunnistemerkkejä (tageja), joissa on oma saattomuistinsa. Tunnistemerkin ollessa tarpeeksi lähellä ajoneuvon lukijalaitetta vastaa se kutsuun omalla yksilöllisellä tunnisteellaan (Kosonen 2009). Teknologia on tarkka tunnistuspisteissä, mutta niiden ohituksen jälkeen järjestelmä on täysin riippuvainen matkamittarin tarkkuudesta. Menetelmä oli aiemmin yleisemmässä käytössä, mutta nykyään se on jo usein korvattu GPS satelliittipaikannusjärjestelmällä. (CUTR 2005.)

Usein GPS-järjestelmä kuuluu jo valmiiksi matkustajalaskentajärjestelmiin, ja sen avulla määritetään myös tapahtumien tarkka aika. Paikannus tulee halvemmaksi, sillä ajoneuvoihin ei tarvitse hankkia sign-post -järjestelmää varten erillistä komponenttia. GPS:n toimintavarmuus urbaanissa ympäristössä on paikoittain kuitenkin huono, sillä korkeat rakennukset saattavat heikentää signaaleja. Myös Helsingin eräissä katukuiluissa on tämä ongelma. Tämän vuoksi matkan pituuden määrittämisessä GPS:n tukena usein käytetään matkamittaria. Vaihtoehtona AVL:lle on tunnistaa linja ja pysäkit pelkästään matkamittarin määrittämien pysäkkien välisten etäisyyksien ja pysäkkitapahtumien ajankohdan perusteella. (Boyle 1998, CUTR 2005, TCRB 1998)

Laskentasensoreilta, paikannusjärjestelmältä ja matkamittarilta tullut raakatieto kerätään, taulukoidaan ja säilytetään keskusyksikössä, joka on yleensä asennettuna ajoneuvon sisälle. Keskusyksiköstä tieto siirretään tietyin väliajoin joko manuaalisesti tai automaattisesti tietojen taltiointilaitteeseen. Vanhemmissa järjestelmissä tiedonsiirtoon käytettiin diskettejä tai jopa kasetteja (CUTR 2006). Uudemmissa järjestelmissä käytetään tietokoneen muistia ja siirto tapahtuu automaattisesti käyttäen esimerkiksi GSM-yhteyttä.

Tiedonsiirron jälkeen raakatieto täytyy yhdistää oikeaan aikataulu- ja linjastotietoon. Myös virhetarkastelut tehdään tässä vaiheessa. Yhteensovittamisen ja virhetarkastelut voi tehdä joko laitteen toimittaja tai käyttäjä, riippuen laitteesta ja ostetusta paketista. Menetelmät yhdistää raakatieto luotettavasti oikeaan linjaan ja lähtöön, ovat moninaiset. Tarkempia tietoja yhteensovittamisessa käytetyistä algoritmeista ei kerrota, sillä ne ovat laitevalmistajien liikesalaisuuksia. Yhteensovittaminen ei aina ole ongelmatonta, ja

paremmat menetelmät takaavat paremman tiedon tarkkuuden ja luotettavuuden. Yhteensovittamiseen on mahdollista käyttää ainakin pysäkkien paikannustietoa, pysäkkivälien etäisyyksiä, tapahtumien aikatietoja, lähtöketjuja sekä näiden yhdistelmiä. Viimeisenä prosessina matkustajatiedon käsittelyssä on raportointi ja tulostus.

Nykyään markkinoilla olevien automaattisten matkustajalaskentajärjestelmien laitteistot eroavat toisistaan pääasiassa siinä, millaiset laskentasensorit ajoneuvoon asennetaan sekä siinä, miten tieto ajoneuvossa varastoidaan ja siitä siirretään eteenpäin. Laskentatarkkuudenkaan suhteen ei eroja juuri ole. Laitteilta vaaditaan yleisesti 90–95 % tarkkuutta, mikä täytyy ottaa huomioon jo laitteita asennettaessa. Tarkkuuteen vaikuttaa käytetty teknologia, laitteiston sijainti, kuormitustyyppi ja matkustajien käyttäytyminen. Kuormitustyyppin vaikutuksella tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi isoa reppua kantava matkustaja saattaa virheellisesti tulla lasketuksi kahteen kertaan. Laitteiden tarkkuutta arvioitaessa tulee ottaa huomioon myös se, mihin sitä verrataan. Usein vertailu tehdään käsinlaskentoihin, vaikka myöskään ne eivät ole 100 % varmoja. (Reuter 2003.)

Yleensä vain pieni osa liikennelaitoksien joukkoliikennevälineistä on varustettu laitteilla, ja kattavan mittaustiedon saamiseksi niitä kierrätetään kaikilla linjoilla tasaisin väliajoin (Newsline 1998). Tutkimusten perusteella suurin osa liikennelaitoksien analyyseista pystytään tekemään luotettavasti, kun laskentalaite on asennettu noin 10–15 %:iin kalustosta (CUTR 2005).

Matkustajalaskentalaiteiden ansiosta matkustajamäärien laskemisesta on tullut vaivattomampaa, halvempaa ja tarkempaa. Yleisin ongelma liittyy raportointiohjelmistoihin, mikä näyttäisi olevan suurin rajoittava tekijä laitteiden ominaisuuksien tehokkaalle käytölle. Aiempaa suurempi tiedonmäärä vaatii liikennelaitosten analyyttisten ohjelmistojen kehittämistä tai päivittämistä, ja tiedonkäsittely voi olla aikaa vievää. Laitteet vaativat liikennelaitokselta jatkuvaa aikataulu- ja linja-autopysäkkietokantojen ylläpitoa jokaiselta linjalta. (Boyle 1998.)

Joukkoliikennevälineiden lisäksi samankaltaisia laskentalaiteita käytetään ostoskeskuksissa, kaupoissa ja lentokentillä eli paikoissa, joissa ihmismäärien laskenta voi olla hyödyksi. Joukkoliikennevälineet ovat kuitenkin ominaisuuksiltaan haastavammat, ja esimerkiksi videoanalyysiin perustuva laite ei ole vielä yleistynyt joukkoliikennelaskennoissa.

3.4 Automaattisia matkustajalaskentalaitteita

3.4.1 Mattoilmaisimet

Aiemmin yleisemmässä käytössä olleet mattoilmaisimet asennetaan bussin oviaukon kahdelle rappuselle (*kuva 3*), ja ne on suunniteltu korvaamaan bussien olemassa olevat porrasmatot. Matkustajat rekisteröityvät heidän astuessa portaille. Kulkusuunta määritetään eri mattotekniikoissa eri tavalla. Toisissa mattoilmaisimissa kulkusuunta saadaan maton sisässä olevan nesteen virtaussuunnan perusteella, kun matkustaja astuu matolle kantapää ensimmäisenä (Haataja 2009a). Toisissa kulkusuunta määräytyy portaille astumisjärjestyksen perusteella. Kaikki mattoilmaisimet eivät pysty erottamaan matkustajan kulkusuuntaa lainkaan. Tällaiset laitteet soveltuvat vain ajoneuvoihin, joissa ovet on selkeästi erikseen nousijoille ja poistujille.



Kuva 3 Mattoilmaisimet näyttävät aivan tavallisilta linja-autojen porrasmatoilta (Tapeswitch 2009).

Mattoilmaisimien hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että ne ovat huomaamattomia ja siten suojassa ilkivallalta. Matot osaavat erottaa jalan aiheuttaman paineen esimerkiksi laukun aiheuttamasta. Laitteen ollessa kunnossa on sen laskentatarkkuus noin 95 %. Mattoilmaisinjärjestelmässä ei aiheuta ongelmaa vierekkäisten matkustajien laskeminen, kuten monelle muulle järjestelmälle. Matot asennetaan kapeisiin portaallisiin oviaukkoihin, joista mahtuu kerrallaan kulkemaan vain yksi ihminen. (Permetricstech 2009.)

Laskentaan aiheuttaa virhettä kuitenkin se, että kiireiset kyytiin nousijat saattavat hypätä yhden rapun ylitse, tai että hämmentynyt matkustaja astuu tarpeettomasti

rappuselle kysyessään neuvoa kuljettajalta. Järjestelmä saattaa myös ymmärtää väärin matkustajan kulkusuunnan. Tällainen tilanne voi syntyä esimerkiksi ruuhka-aikana, kun nousijoita on paljon, ja järjestelmä ymmärtää ruuhkan vuoksi väärin jalan muodon. Tällaisen väärinymmärryksen vuoksi useat matkustajat voivat tulla lasketuiksi väärään suuntaan kulkeviksi. Yleensä järjestelmä laskee poistujiksi useampia matkustajia kuin nouseviksi. Matot ovat lisäksi herkkiä vahingoittumaan matkustajien jalkaliikenteestä ja sisään kulkeutuvasta vedestä, minkä seurauksena laskentatarkkuus kärsii. (Metro Transit 2009.)

Matot rikkoutuvat helposti sisään kulkeutuvasta hiekasta. Sisään kulkeutunut hiekka kuluttaa mattojen pintaa ja lopulta rikkovat järjestelmän. Tämän vuoksi mattoja ei kannata käyttää ilmastoissa, joissa talvisin joudutaan hiekoittamaan. Kosteus on myös haitaksi mattoilmaisimille. Etuovien matoille ennustetaan 3–5 vuoden toiminta-aikaa, ja muilla ovilla oleville matoille noin 10 vuotta. Toiminta-aika riippuu suuresti ilmastosta. Vahingoittuneiden mattojen asennus ja huolto on aikaa vievää sekä kallista. (Permetricstech 2009.)

Mattoilmaisimille portaalliset oviaukot ovat välttämättömät. Matkustajan kulkusuunta saatetaan määrittää rappusille astumisjärjestyksen perusteella. Rappuset toimivat myös vauhtia hidastavana tekijänä, mikä parantaa laskentatarkkuutta. Nykypäivänä kuitenkin suositetaan matalalattia-ajoneuvoja, joissa portaita ole.

Mattoilmaisimet ovat myös herkkiä rikkoutumaan. Vanhoja mattoilmaisintekniikoita on vielä joitakin käytössä, mutta vähitellen niistä siirrytään uudempiin teknologioihin. (Boyle 1998, Boyle 2008.)

3.4.2 Bussien ilmajousien painearvoja mittaavat laitteistot

Ilmajousitetuissa busseissa voidaan käyttää automaattista matkustajalaskentalaitetta, joka perustuu jousien painoarvojen mittaamiseen. Busseissa korin ja akselin etäisyys pidetään kuormasta riippumatta vakiona jousena toimivien ilmapalkeiden avulla. Palkeiden ilmamäärää säätelee ilmaventtiili. APC-järjestelmissä bussien ilmajousipalkeille asennetaan paineanturit, jotka aina pysäkeiltä lähdettäessä mittaavat painearvot. Jousien ilmanpaine tyhjänä tiedetään, minkä avulla määritetään matkustajista johtuva lisäpaine. Lisäpaine jaetaan painekertoimella, joka on yhden matkustajan keskimäärin aiheuttama paine. (Merin 1993.)

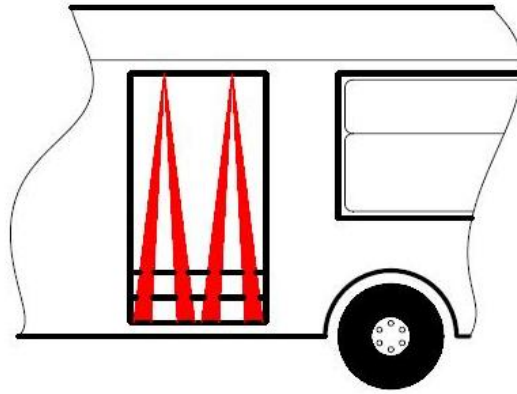
Nykypäivänä bussien tasonsäätö toimii yleensä sähköisesti, mikä sekoittaa painearvojen mittaamiseen perustuvan APC:n toiminnan. Tämä vuoksi myös HKL:lla jouduttiin luopumaan MATLA 2000 -laitteesta, joka busseissa oli käytössä vuosina 1992–2000. Matkustajamääriä lasketaan painearvojen perusteella vielä ainakin Budapestissä (Reuter 2003).

MATLA 2000 -järjestelmän systemaattinen virhe oli 5 %, kun painekerroin oli asetettu oikealle tasolle. Kuitenkin alle 10 hengen kuormilla virhe oli selvästi suurempi. Merkittävin virhelähde oli esimerkiksi keskimääräisesti suuremmasta koululaisten määrästä aiheutuva matkustajien keskipainon vaihtelu, jolloin keskiarvoon perustuva painekerroin ei soveltunutkaan. (Merin 1993.)

3.4.3 Infrapunasensorit

Tällä hetkellä yleisin automaattinen matkustajalaskentalaitetekniikka perustuu kulkuneuvon oviaukon päälle tai sivuille asennettaviin infrapunasensoreihin (*kuva 4*). Kyytiin nousevat ja poistuvat matkustajat osuvat infrapunasäteisiin, ja järjestelmä laskee matkustajamäärät säteiden heijastumiskertojen perusteella. Infrapunasäde säädetään siten, että esimerkiksi koirat eivät tule lasketuksi matkustajaksi, yleensä noin 0,8–0,9 metrin päähän lattiasta. Portaallisissa oviaukoissa säde asennetaan lähemmäksi lattiaa, sillä matkustajat usein kumartuvat noustessaan portaita (Reetz 2009a). Infrapunasäteen havaitsemisetäisyys voidaan säätää esimerkiksi heijastamalla infrapunasäde peilistä kuten Dilaxin infrapunailmaisintekniikassa. Peilin kulmaa säätelemällä muutetaan säteen lähtökulmaa ja kulmaa, millä säde osuu matkustajaan. Säteen kulmasta riippuu osuuko heijastuva säde vastaanottavaan yksikköön. (Reetz 2010.)

Infrapunasensoreita on yleensä kaksi kappaletta peräkkäin, jolloin matkustajan säteisiin osumisjärjestys kertoo matkustajien kulkusuunnan. Oven leveydestä ja sensorin tyypistä riippuu, kuinka monta vierekkäistä sensoria vaaditaan hyvään laskentatulokseen.



Kuva 4 Kuvassa on kaksi infrapunasensoryksikköä linja-auton oviaukossa (Iris GmbH 2009).

Infrapunasensorit voivat olla joko aktiivisia, passiivisia tai näiden yhdistelmiä. Passiiviset sensorit havaitsevat muutoksen kirkkaudessa, kun niiden näkökentästä kuljetaan. Jos kontrasti ja muutoksen kesto ovat parametriarvojen sisällä, matkustaja rekisteröidään ja kulkusuunta määritetään. Pelkästään passiivisten sensoreiden käyttö ei ole suositeltavaa kulkuneuvoissa, sillä taustassa ei saisi tapahtua muutoksia. Aktiiviset sensorit sen sijaan lähettävät itse infrapunasäteitä ja rekisteröivät ohikulkevan matkustajan säteen heijastuessa takaisin matkustajasta. Usein optisissa infrapunasensoreissa on yhdistetty matkustajien termosäteilyn ja infrapunasäteen takaisin heijastumisen rekisteröinti yhteen huipputekniseen sensoriin. HKL:lle asennetut Dilaxin laitteet käyttävät aktiivisia sensoreita. (Letshwiti ja Lamprecht 2004, Infodev 2009.)

Infrapunailmaisimien ylläpito käsittää sensoreiden lasien pyyhinnän, säteen pituuden tarkistamisen tietyin väliajoin ja rikkoutuneiden osien vaihdon. Luonnollisesti lähtötiedot (aikataulu- ja linjastotiedot) täytyy pitää ajan tasalla.

Infrapunatekniikka on muun muassa mattoilmaisimiin verrattuna luotettavampi ja edullisempi tapa laskea matkustajia. Laite ei vaurioidu yhtä helposti, ylläpito on yksinkertaisempaa kuin jatkuvassa kovassa kulutuksessa olevilla matoilla. Tekniikka soveltuu kaikkiin ajoneuvotyyppeihin ja matalalattiaosien leveisiin oviaukkoihin.

Oviaukon reunoille asennettavissa sensoreissa on vaarana kuitenkin se, että matkustaja jää toisen taakse piiloon, eikä laite kykene rekisteröimään häntä. Myös oviaukon päällä olevat sensorit jättävät toisinaan matkustajia rekisteröimättä. Riippuen säteelle säädetyistä pituudesta esimerkiksi isot koirat voivat tulla virheellisesti rekisteröidyksi matkustajaksi tai lapset jäädä rekisteröimättä. Ilmaisimien säde pyritään

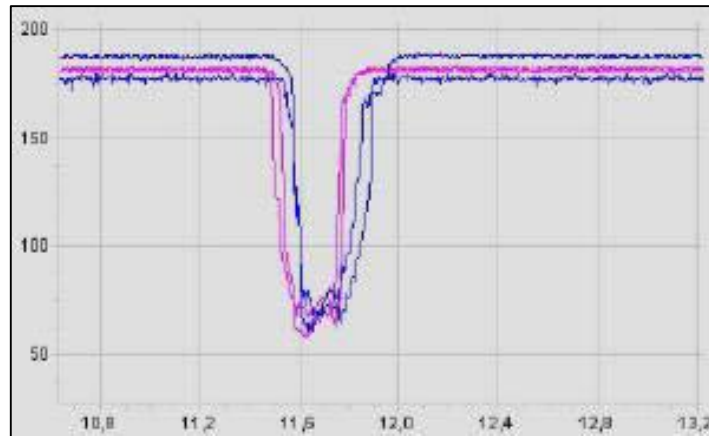
asentamaan optimaaliselle korkeudelle siten, että suurimmassa osassa tapauksista ihmiset tulisivat laskettua mukaan, mutta laukut ja koirat jäisivät pois. Joissakin tapauksissa virheitä väistämättä kuitenkin tulee. Esimerkiksi portaita sisään nouseva matkustaja kyyristyy yleensä hieman ja saattaa alittaa asetetun säteen pituuden. Näiden virheiden vaikutusta pyritään vähentämään laskenta-algoritmillä, jolla raakatietoa muokataan jälkikäteen. Infrapunasensoritekniikan tarkkuudeksi valmistajat ilmoittavat yli 95 %.

3.4.4 Lasersäteet

Lasersädesensoreita hyödyntävä tekniikka perustuu laserpulssien kulkuajan mittaukseen. Lasersensorit asennetaan oviaukkoihin, ja ne lähettävät laserpulseja ulos nopeassa tahdissa käyttämällä näkymätöntä infrapuna-aluetta. Säteet heijastuvat takaisin alla olevista kappaleista (matkustajista), ja sensorit tunnistavat ne. Etäisyys kappaleeseen lasketaan pulssin lähetysajan ja vastaanottoajan erotuksen perusteella (kuva 5). Tämän perusteella laite luo 3D-kuvan oviaukosta siten, että yksittäinen ihminen pitäisi pystyä havaitsemaan ruuhkaisessakin tilanteessa. Tekniikka pystyy melko luotettavasti erottamaan ihmiset muista kappaleista ja pystyy jopa määrittämään matkustajien pituuden. IRMA 3D-laitteen raakadatan tarkkuuden kerrotaan olevan vähintään 96 % ympäristön tilasta riippumatta ja tilastollisten tarkastelujen jälkeen tarkkuudeksi luvataan vielä enemmän. (Iris-GmbH 2009.)

Laserilmaisintekniikoita on jo markkinoilla, mutta niiden käyttö on toistaiseksi harvinaista. Koska tekniikka pystyy tunnistamaan matkustajien pituuden, voisi se tulevaisuudessa antaa mahdollisuuden matkustajien lähtöpaikan ja määränpään selvittämiseen (Katso kappale 9).

Lasertekniikkaan perustuvien matkustajalaskentalaitteiden valmistaja Iris GmbH ehdottaa järjestelmän tuottamien tietojen hyödyntämistä hyvin tarkkoihin liikennepalvelujen tehokkuuden tarkasteluihin, esimerkiksi lipputulojen ja matkustajamäärien vertailuun. (Iris-GmbH 2009.)



Kuva 5 Kuvassa ohittavasta henkilöstä muodostuva etäisyysensorin signaali lasertekniikassa. Sensorin säde ylittää noin 1,9 metriin (Iris-GmbH 2009).

3.4.5 Videoanalyysi

Vasta viime aikoina markkinoille on tullut joukkoliikenteen käyttöön tarkoitettuja matkustajalaskentajärjestelmiä, jotka perustuvat videoanalyysiin. Tekniikan käyttö on toistaiseksi harvinaista. Rakennuksissa tämän tapaisia tekniikoita on ollut jo kauemmin käytössä. Videoanalyysiin perustuvat matkustajalaskentalaitteet tarjoavat ajantasaista tietoa analysoimalla videokameralla otettuja kuvasarjoja. Infrapunasensorit eivät aina kykene havaitsemaan ovesta samaan aikaan kulkevia matkustajia. Sama ongelma on monessa muussa matkustajalaskentatekniikassa. Tämä epävarmuustekijä pyritään poistamaan videoanalyysitekniikassa, ja osassa järjestelmissä on onnistuttukin. (Chen ym. 2008, Mg industrielektronik GmbH 2009.)

Erilaisia videoanalyysiin perustuvia tekniikoita on kokeiltu monia. Niiden tarkkuus vaihtelee 92–98 % välillä. Ongelmana on usein ollut kameran vaatima suuri asennuskorkeus sekä kuvankäsittelyyn liittyvät seikat, esimerkiksi varjojen vaikutukset analysoitavassa kuvassa. Kuvankäsittelyohjelmistolla on suuri merkitys tulosten tarkkuuteen eikä kamera saisi täristä yhtään. (Chen ym. 2008, Ling ja Gao 2006.)

Parvuksen tarjoamissa matkustajalaskentalaiteissa on yksi sensori, johon on upotettu kaksi videokameraa. Sensori asennetaan oven yläpuolelle, josta se ”seuraa” matkustajia. Paikka- ja aikatieto saadaan GPS:n avulla. Kameroiden vaadittu asennuskorkeus on laitteesta riippuen 1,2 metrillä yli 2 metriin, jotta kamera pystyy tarpeeksi laajakulmaisesti havainnoimaan matkustajia. Parvuksen järjestelmän tarkkuudeksi luvataan jopa 98 %. Valmistaja kertoo, että laite pystyy tunnistamaan myös vierekkäin kulkevat matkustajat. (Parvus 2008).

3.4.6 Ajoneuvon vaikutus APC-järjestelmien mittaustarkkuuteen

Ajoneuvolla on merkityksensä matkustajalaskentalaiteiden mittaustarkkuuteen. *Bussit* ovat joukkoliikennevälineistä helpoimpia, sillä niissä on yleensä kapeat ovet, joista mahtuu kulkemaan vain yksi matkustaja kerrallaan. Tällöin vältetään matkustajalaskentalaiteille tyypillisesti ongelmallinen rinnakkaisten matkustajien tunnistaminen. Matalalattiabussit ovat poikkeus tähän, sillä niissä ovet ovat luonnollisesti leveämmät kuin tavallisissa busseissa. Kapeampien ovien lisäksi bussien ovista kuljetaan yleensä vain yhteen suuntaan. Ensimmäisestä ovesta nouseaan ja muista poistutaan. APC-järjestelmien ei välttämättä siten tarvitsisi erikseen määrittää kulkusuuntaa. Ilmajousien painearvoja mittaavia sekä yleensä myös mattoilmaisimia hyödyntäviä APC-järjestelmiä voidaan käyttää pelkästään busseissa.

Raitiovaunuissa on tyypillisesti korkeammat portaat (ei matalalattiallisissa) kuin busseissa tai junissa, minkä vuoksi matkustajat nousevat kyytiin hieman kumarassa. Jos käytetään sädettä matkustajien tunnistamiseen, on portaallisissa oviaukoissa säde säädettävä lähemmäs lattiaa kuin matalalattiallisissa oviaukoissa. Lisäksi jyrkät portaat aiheuttavat ongelmia, jos painavaa laukku kantavat matkustajat nostavat laukun ensin ylös ja tulevat itse vasta perässä. Tällöin matkustajalaskentalaitteet voivat erehtyä luulemaan laukku matkustajaksi. Infrapunailmaisimille tämä on ongelma, jos matkalaukku osuu säteeseen asti ja matkustajan ja matkalaukun väliin jää rako. Tällaisten tilanteiden vaikutukset on pyritty ottamaan huomioon raakadatan muokkauksessa (laskenta-algoritmissa) ennen varsinaista laskentatulosta. Portaات voivat toimia hidastavanakin tekijänä ja siten parantaa laskentatarkkuutta.

Kuvassa 6 on HKL:n laskentalaitteellisen raitiovaunun matalalattiallinen sekä portaikollinen oviaukko. Raitiovaunun portaat ovat jyrkät ja vaikeammat kulkea kuin matalalattiallinen oviaukko. Matalalattiaväliosian oviaukko on leveämpi ja siitä mahtuu kulkemaan monta matkustajaa rinnakkain. Siihen on asennettu kolme sensoria, kun portaikollisiin oviaukkoihin sensoreita on asennettu kaksi.



Kuva 6 HKL:n laskentaraitiovaunun oviaukot. Matalalattiaväliosian ja portaallisten oviaukkojen säteet on säädetty eri korkeudelle.

Raitiovaunujen ja *junien* kohdalla automaattisten matkustajalaskentalaitteiden täytyy määrittää matkustajien kulkusuunta, sillä matkustajia kulkee kaikista ovista molempiin suuntiin. Kulkusuunnan määrittämiseksi on keksitty monenlaisia kohtalaisen luotettavia tekniikoita, kuten peräkkäiset infrapunasäteet. Silti kulkusuunnan määrittämisen hankaluuden vuoksi esimerkiksi mattoilmaisintekniikka ei sovellu lainkaan matalalattiallisiin, mutta jotkin niistä kyllä portaallisiin, oviaukkoihin raitiovaunuissa ja junissa. (Reetz 2009a.)

Junat ja raitiovaunut eroavat toisistaan pääasiassa matkustajalaskentalaitteiden asennuksen vaativuudessa ja raakatiedon käsittelyssä. APC-järjestelmien asentaminen juniin vaatii paljon sähköasentamista, jossa jo turvallisuudenkin vuoksi täytyy olla tarkkana (Reetz 2009a). Raakatiedon käsittelyä junien kohdalla helpottaa se, että ne pysyvät tarkasti reitillään (raiteet) ja pysähtyvät kaikilla linjan asemilla. Näin raakatiedon liittäminen aikataulu- ja linjastotietoon helpottuu.

Metrojen matkustajalaskennat saadaan toteutettua asemille asetettavien automaattisten matkustajalaskentalaitteiden tai kääntöpuomien avulla. Myös metrovaunuihin on mahdollista asentaa APC-ilmaisimet. Tällöin tilanne vastaa junaa.

4 MATKUSTAJALASKENTAMENETELMÄT MAAILMALLA

4.1 Automaattisten matkustajalaskentalaitteiden käyttö

Tutkimuksen yhteydessä suoritettuun kyselyyn saatiin vastaus 30 kaupungista Suomesta ja ulkomailta lokakuun 2009 loppuun mennessä. Vastausprosentti oli 57. Osa vastauksista oli kuitenkin vapaamuotoisia ja hyvin suppeita kuvauksia kaupungin matkustajalaskentamenetelmistä (8 kpl). Saadut vastaukset eivät jakautuneet tasaisesti ympäri maailmaa, sillä kyselyitä lähetettiin jo alun perinkin pääasiassa Eurooppaan. Euroopasta vastauksia saatiin 26, Aasiasta 1 ja Yhdysvalloista 3. Etelä-Euroopan kaupungeista vastaus saatiin ainoastaan Barcelonasta.

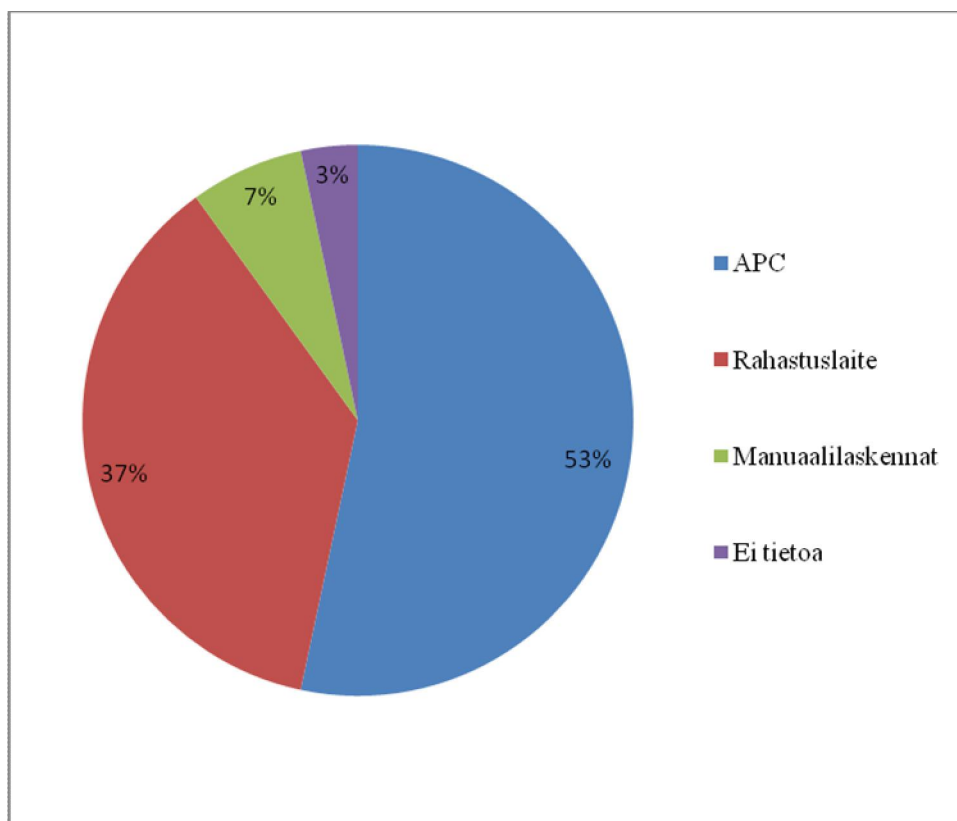
Kyselyn vastauksia voidaan pitää melko luotettavina, sillä vastaajat olivat kaupunkien joukkoliikennesuunnittelutahojen (liikennelaitos tai kaupunki) tai liikennöitsijöiden edustajia. Pientä epävarmuutta tuloksiin tuo se, että joukkoliikenteen eri kulkumuotojen suunnittelu voi tapahtua eri tahojen toimesta ja vastaajat eivät välttämättä kertoneet kuin omasta vastuualueestaan. Lisäksi kaupunkien ilmoittamiin tunnuslukuihin on voitu laskea mukaan seutukuntia, jolloin vastaukset eivät välttämättä ole täysin vertailukelpoisia. Koska vastaukset rajoittuivat pääasiassa Eurooppaan, ei voida vetää luotettavaa johtopäätöstä muun maailman käytännöistä. Matkustajalaskentalaitteita käyttävät kaupungit saattoivat vastata kyselyyn hanakammin. Tutkimuksen suoritustapa huomioon ottaen vastauksia voitaneen pitää luotettavina.

Vastausten perusteella näyttäisi siltä, että automaattiset matkustajalaskentalaitteet (APC) ovat yleisiä kaupunkien matkustajalaskennoissa. 16 kaupunkia kyselyyn vastanneista 30:stä vastasi käyttävänsä matkustajalaskentalaitetta ainakin jossakin kulkumuodossa. Käyttöprosentiksi tulee siten 53. *Taulukossa 1* on listattu kyselyyn vastanneiden kaupunkien joukkoliikenteen kokonaisnousijamäärä (jos tiedossa), asukasmäärä ja merkintä käytetäänkö kaupungissa APC-järjestelmää.

Taulukko 1 Kyselyyn vastanneiden kaupunkien tunnuslukuja sekä APC-järjestelmän käyttö.

Kaupunki	Maa	Joukkoliikenteen nousijamäärä vuodessa milj.	Asukasmäärä	Käyttävät APC:tä	Eivät käytä APC:tä
Amsterdam	Hollanti	222	741 329	x	
Barcelona	Espanja	934	1 615 908		x
Berliini	Saksa	1 027	3 431 700	x	
Bordeaux	Ranska		235 878		x
Brysseli	Belgia	285	1 080 790		x
Budapest	Unkari		1 702 297	x	
Chicago	Yhdysvallat, Illinois	526	2 853 114	x	
Dublin	Irlanti		505 739		x
Geneve	Sveitsi	169 (bussit ja raitiovaunut)	185 524	x	
Hampuri	Saksa	310	1 770 629	x	
Helsinki	Suomi	225	578 712	x	
Hong Kong	Kiina		7 303 334		x
Jyväskylä	Suomi	5	128 070		x
Kassel	Saksa		194 464	x	
Kouvola	Suomi		88 388		
Kuopio	Suomi	5	91 842		x
Kööpenhamina	Tanska	206	503 699	x	
Lahti	Suomi		100 350		x
Lontoo	Iso- Britannia		7 517 700	x	
Los Angeles	Yhdysvallat, Kalifornia	474	4 097 340	x	
München	Saksa	304	1 311 573	x	
New York City	Yhdysvallat, New York	3 331	8 363 710		x
Oslo	Norja	239	580 229	x	
Oulu	Suomi	5	137 355		x
Pori	Suomi	2	76 469		x
Praha	Tseki	1 262	1 233 211	x	
Tampere	Suomi	30	209 656		x
Tukholma	Ruotsi	680	810 120	x	
Turku	Suomi	20	175 417		x
Wien	Itävalta		1 680 266	x	

Kaupungeissa, joissa matkustajalaskentalaitetta ei käytetä (47 %), saadaan matkustajamäärät rahastuslaitteen avulla (37 %) tai manuaalilaskennoin (7 %). Kuvassa 7 on esitetty eri matkustajalaskentamenetelmien jakautuminen. Suurin osa vastanneista kaupungeista yhdistää eri matkustajalaskentamenetelmiä. APC-järjestelmää tai rahastuslaitetta käyttävät kaupungit suorittavat myös manuaalilaskentoja, ja toisaalta APC-järjestelmää käyttävät kaupungit hyödyntävät myös rahastuslaitteiden tietoja. Yleisimmin matkustajalaskentalaitteet on asennettu busseihin, ja bussien jälkeen yleisintä on asentaa järjestelmät raitiovaunuihin. Bussiliikenne on yleisin joukkoliikennemuoto ja sen vuoksi bussien APC-järjestelmät saattavat olla yleisempiä.



Kuva 7 Pääasiallinen matkustajalaskentamenetelmä kyselyyn vastanneissa kaupungeissa.

Osa niistä kaupungeista, jotka tällä hetkellä eivät käytä matkustajalaskentalaitteita, harkitsevat silti hankkivansa niitä. Bryssel ja New York City ovat siirtymässä rahastuslaitteiden ja manuaalilaskentojen käytöstä automaattisiin matkustajalaskentalaitteisiin. New York Cityssä kartoitetaan tällä hetkellä eri APC-järjestelmiä, mutta he eivät ole päättäneet vielä, mikä laite olisi heille paras. Bordeauxissa

matkustajalaskentalaitteet on jo asennettu busseihin ja raitiovaunuihin, mutta laitteet eivät ole vielä toiminnassa. Bordeauxin metroon on myös tulossa laitteet.

Yleisimpiä APC-järjestelmiä ovat infrapunasensorilaitteet, jotka ovat käytössä kaikissa muissa kaupungeissa paitsi Prahassa ja Budapestissä. Infrapunalaitteiden toimittajia olivat:

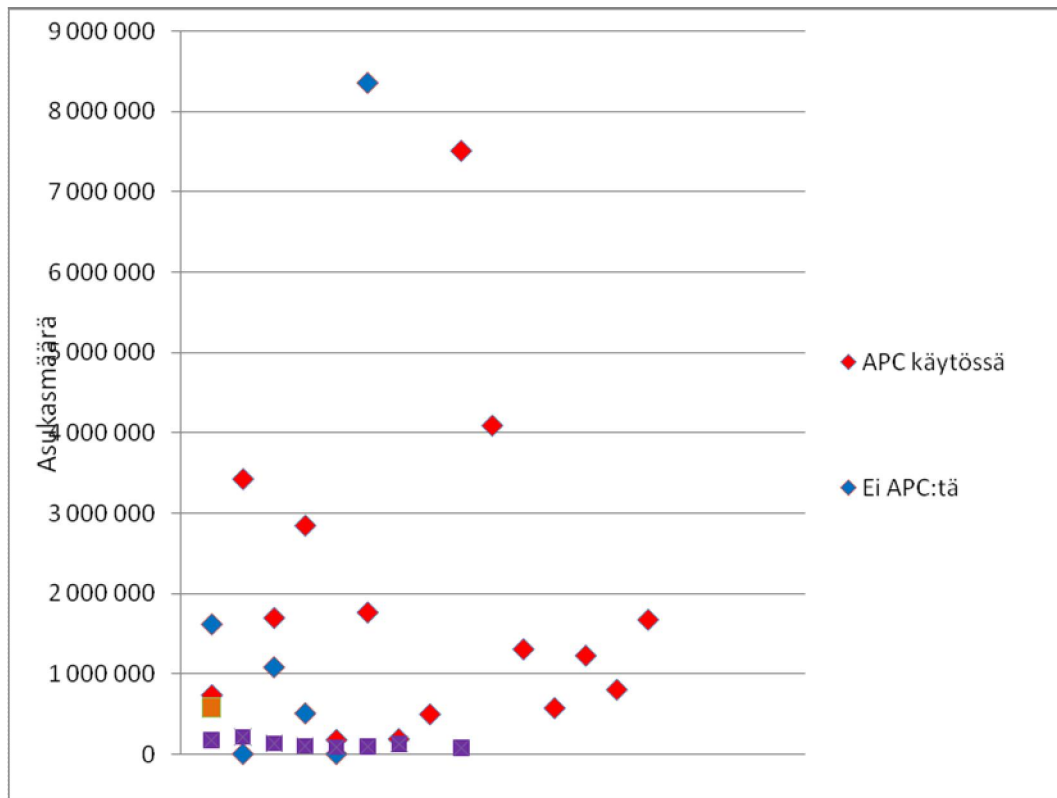
- Dilax Intelcom GmbH,
- Iris GmbH,
- Init GmbH,
- ÅF Infrastuktur,
- Interautomation Deutschland GmbH ja
- Clever Devices.

Prahassa ja Budapestissä käytössä ovat bussin ilmanpaineenvaihteluja mittaavat laitteet. Budapest on tyytyväinen järjestelmään, koska kuormitus määritetään aina uudestaan jokaisen pysäkin jälkeen. Näin virhe ei kertaudu seuraaviin mittauksiin, kuten voi käydä oviaukkoihin asennettavia sensoreita käyttävissä laitteissa, joiden täytyy muistaa edellisten pysäkkien nousijat ja poistujat kuormitusten määrittämiseksi. Kasselin vastauksessa ei kerrottu käytetyn matkustajalaskentalaitteen tyyppiä, mutta Dilaxin referenssilistasta selviää, että ainakin busseissa ja raitiovaunuissa on Dilaxin infrapunalaitteet. Hampurissa käytössä on infrapunasensorijärjestelmän lisäksi Iriksen valmistama, lasersädesensoreita hyödyntävä, matkustajalaskentalaitte. Hampuri on ainut kyselyyn vastanneista kaupungeista, jossa lasersädetekniikka on käytössä. Heidän kokemuksen mukaan lasersäteet mittaavat matkustajamäärät tarkemmin. Missään kaupungissa ei ole käytössä mattoilmaisimia tai videoanalyysiin perustuvia matkustajalaskentalaitteita. Liitteessä 3 on taulukoitu kyselyyn vastanneiden kaupunkien matkustajalaskentamenetelmät ja mahdollisen automaattisen matkustajalaskentalaitteen toimittaja.

Suomessa automaattisia matkustajalaskentalaitteita ei käytetä muualla kuin pääkaupunkiseudulla. Muissa kaupungeissa Tampereella, Turussa, Oulussa, Jyväskylässä, Kuopiossa, Lahdessa ja Porissa tietoja kerätään rahastuslaitteiden avulla. Kouvolan matkustajalaskennan menetelmistä ei saatu tarkemmin tietoa. Kaupungit olivat melko tyytyväisiä nykyiseen tekniikkaansa. Tampereella selvitetään tällä hetkellä sopivaa tekniikkaa poistuvien matkustajien määrittämiseksi. Yhtenä vaihtoehtona on bussin painon mittaamisen avulla saatava kuormitusprofiili. Suomessa Tampere olisi

asukaslukunsa (210 000) puolesta (Tilastokeskus 2009) potentiaalisin automaattisten matkustajalaskentalaitteiden käyttäjä Helsingin seudun jälkeen. Siellä APC-järjestelmä otettiin käyttöön ensimmäisenä Suomessa, mutta myöhemmin siitä luovuttiin. Muut Suomen kaupungit eivät toistaiseksi ole harkinneet automaattisia matkustajalaskentalaitteita, mutta vastauksien perusteella niistä saatavat tiedot olisivat myös heille hyödyksi. Esimerkiksi Kuopion liikenteestä kerrottiin, että matkustajan poistumispysäkki olisi mielenkiintoista tietää. Mahdollisena tekniikkana mainittiin check in – check out lippujärjestelmä. Turun liikennelaitos kaipasi tietoa keskimatkan pituudesta, ja Porin linjat Oy:ssä kaivattiin parempaa linjakohtaista seurantaa.

Yksi suurimmista hyödyistä APC-järjestelmissä on, että järjestelmät mahdollistavat linjojen kuormitusprofiilien määrittelyn vaivattomasti. Linjojen profiileista on hyötyä niin pienille kuin suurillekin kaupungeille. Kuitenkin pienempien kaupunkien joukkoliikenne toimii luonnollisesti pienemmässä mittakaavassa ja resursseja matkustajalaskentalaitteen hankkimiseen ei välttämättä ole. Kun verrataan kaupunkien asukasmäärää matkustajalaskentalaitteen käyttöön, nähdään pienien ja suurien kaupunkien laitteen käytön ero. *Kuvasta 8* nähdään, että aivan pienimmissä kaupungeissa laitteita ei käytetä. Vaikka isot kaupungit New York City ja Hong Kong ovat poikkeuksia, pieni riippuvuus kaupungin koon ja laitteen käytön välillä näyttäisi olevan.



Kuva 8 Kaupunkien automaattisen matkustajalaskentalaiteen (APC) riippuvuus kaupungin asukasmäärästä.

Laitteen käyttöprosentti yli 200 000 asukkaan kaupungeista on jo suurempi, 68 %. Laskuista pois jätettiin Pori, Oulu, Jyväskylä, Kouvola, Kuopio, Lahti, Turku ja Kassel. Näin näyttäisi, että yli 200 000 asukkaan kaupungeissa APC-järjestelmien käyttö alkaa olla jo hyvin yleistä, mutta pienemmissä kaupungeissa matkustajamäärät saadaan vielä rahastuslaitteista tai manuaalilaskennoin.

Kaupunkien käyttötarkoitukset matkustajalaskentalaiteen tuottamalle tiedolle olivat lähes samat. Luonnollisesti tietoa käytettiin aikataulu- ja linjastosuunnitteluun (14 kaupunkia). Yleisesti mainittiin myös tiedonkäyttö talousyksikön tai liittovaltion raportointiin sekä liikennöitsijöiden tulojenjakoon. Lisäksi tietoa käytettiin tilastointiin, yleiseen tiedotukseen sekä pyynnöstä tehtäviin selvityksiin. Vastauksissa ei käynyt ilmi uusia käyttötapoja, sillä vastaukset olivat hyvin yleispiirteisiä.

4.2 Kaluston ja linjojen varustaminen laskentalaiteilla

Laskenta-ajoneuvojen osuus kaikista ajoneuvoista vaihteli paljon aina Helsingin bussien 1 %:sta Geneven 100 %:iin. Laskenta-ajoneuvojen osuuden keskiarvo kaikista

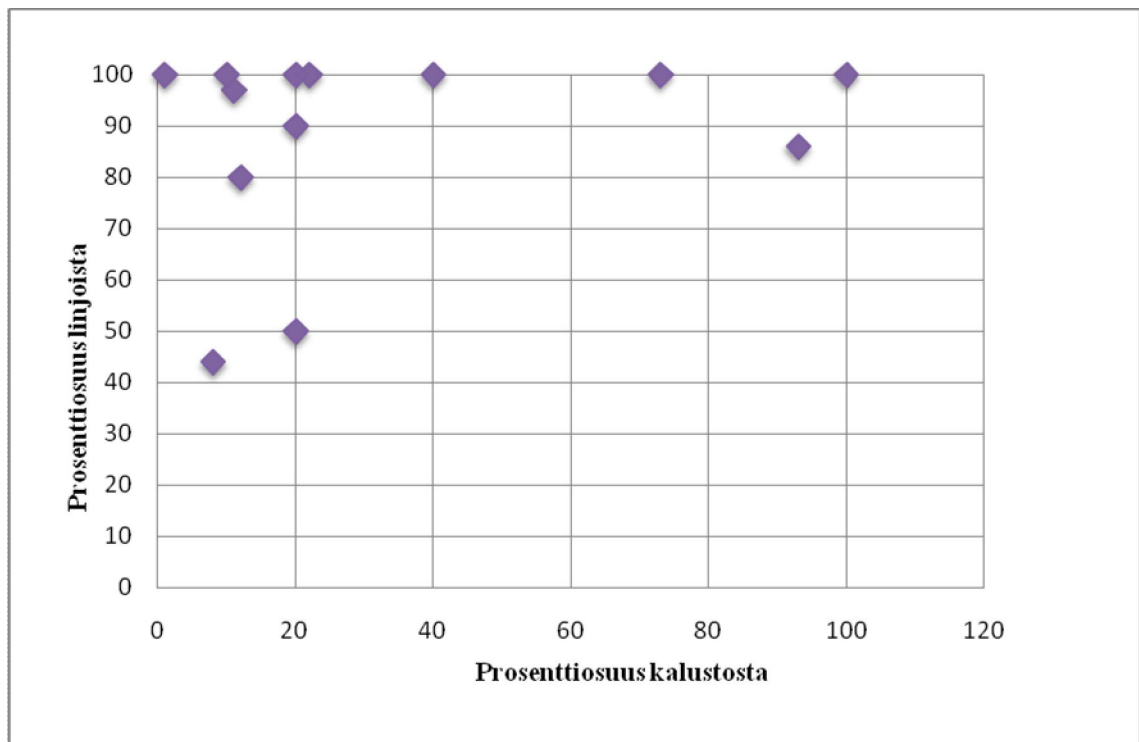
ajoneuvoista oli 33 % ja mediaani 20 %. Tässä tapauksessa mediaani on kuvaavampi, koska keskihajonta on suuri. Luvun perusteella kalustosta varustetaan yleensä vain pieni osa laskentalaitteilla. *Taulukossa 2* on listattu kyselyyn vastanneiden kaupunkien käytännöt.

Laskentalaitteellisten ajoneuvojen osuus kalustosta riippuu siitä, mikä on matkustajalaskentalaitteiden tuottaman tiedon käyttötarkoitus. Esimerkiksi HKL:lle bussien osalta riittää, että profiilitiedot saadaan päivitettyä kerran vuodessa. Sen sijaan ajantasaisten matkustajamäärätietojen tuottaminen ainoastaan APC-järjestelmän avulla tarkoittaa sitä, että laitteita täytyy olla suuremmassa määrässä kalustoa. Genevessä laitteita on 100 %:ssa bussi- ja raitiovaunukalustoa, eli matkustajalaskentalaitteiden avulla on mahdollista saada jatkuvaa ajantasaista tietoa.

Taulukko 2 Kyselyyn vastanneiden kaupunkien laskenta-ajoneuvojen osuudet

Kaupunki	Laskentalaitteelliset kulkumuodot ja laskenta-ajoneuvojen osuus kalustosta	Osuus linjoista, joilla kerätään tietoa matkustajalaskentalaitteella
Amsterdam	Busseissa (22 %) ja raitiovaunuissa 14 %).	100 %.
Berliini	Busseissa (20 %), metrossa (6 %) ja raitiovaunuissa (4 %)	Busseissa 50 %, metrossa 80 % ja raitiovaunuissa 30 % linjoista.
Budapest	Busseissa ja johdinautoissa (30 %).	Ei tietoa
Geneve	Busseissa (100 %), johdinautoissa (100 %), raitiovaunuissa (100 %).	100 %
Hampuri	Busseissa (12 %), lähijunissa, metrossa (9 %), pikaraitiotie (9 %) ja lautoilla (20 %)	Busseissa tietoa kerätään 80 %, lähijunissa 22 % ja muissa kaikilta linjoilta.
Helsinki	Busseissa (1 %), raitiovaunuissa (11 %), metrossa (100 %)	Raitiovaunut 100 %, bussit 100 %
Illinois, Chicago	Busseissa (73 %)	100 %
Kalifornia, Los Angeles	Busseissa (kokonaisuudessaan 93 %, 100 % suoraan liikennöidyissä ja sopimusliikenteessä 4 %).	Suoraan liikennöidyillä linjoilla tietoa kerätään 86 % linjoista ja sopimusliikenteessä kaikilta linjoilta.
Kassel	Raitiovaunuissa	Ei tietoa
Kööpenhamina	Busseissa (8 %) ja metrossa.	44 %
Lontoo	Raitiovaunuissa, raitiometrossa ja junissa.	Ei tietoa.
München	Busseissa (20 %) ja raitiovaunuissa (20 %).	100 %
Oslo	Busseissa (20 %) ja raitiovaunuissa (25 %).	Oslossa 90 % ja Akershusissa 0 % bussilinjoista. Raitiolinjoilta tietoa ei kerätä toistaiseksi vielä miltään linjalta.
Praha	Busseissa (40 %) ja metroasemilla (100 %).	100 %
Tukholma	Busseissa (10 %), Lähijunissa (0,7 %), paikallisliikennejunissa (9 %).	Busseissa 100 %, lähijunista ei tietoa, paikallisliikennejunissa 100 %.
Wien	Busseissa (11 %), metrossa (14 %), raitiovaunuissa (11 %).	Busseissa 97 %, metrossa 100 %, raitiovaunuissa 100 %

Laskenta-ajoneuvoja kierrätetään yleensä lähes kaikilla linjoilla, mutta löytyy myös kaupunkeja, jotka kattavat vain osan linjoistaan matkustajalaskentalaitteilla. Tämä saattaa olla seurausta monen eri liikennöitsijän käyttämisestä ja heidän eri käytännöistä. Kuvassa 9 on vertailtu APC-järjestelmien osuutta koko bussikalustossa siihen, kuinka suurella osalla linjoista laskenta-ajoneuvoja kierrätetään.



Kuva 9 APC-järjestelmien osuus bussikalustosta, ja laskettujen linjojen osuus kaikista linjoista.

Kuvaajasta voidaan nähdä, että suurin osa vastaajista on varustanut vain pienen osan busseistaan laitteilla, mutta laskentabusseja kuitenkin kierrätetään pääosalla linjoista. Tällöin bussilinjoilta ei saada ajantasaista tietoa, mutta kalustosta jo 10 % -osuuden varustaminen matkustajalaskentalaitteilla on tutkimusten mukaan riittävä määrä useimpien kaupunkien tarpeisiin (WSP Analys & strategi 2007, Reuter 2003). Samoin yksittäisillä linjoilla laskentabussien osuus linjan liikennöimiseen tarvittavasta kalustosta on 10 %, jos halutaan tarkastella 10 % linjan lähdöistä. (WSP Analys & strategi 2007). Näillä osuuksilla kaikilla bussilinjoilla kierrättämisen pitäisi olla mahdollista, ja esimerkiksi linjojen profiilit on mahdollista päivittää vähintään kerran vuodessa. Suuremmat laitemäärät sen sijaan mahdollistavat ajantasaisemman, tarkemman ja luotettavamman tiedonsaannin. Tutkimuksessa kaupunkien laskenta-ajoneuvojen osuuden mediaani oli 20 %, mikä tarkoittaa, että kaupungit haluavat tietoa suuremmasta osasta linjojen lähtöjä kuin 10 %. 20 %-lla voidaan varmistaa, että laskenta-ajoneuvojen huollot tai virheelliset kierrätykset eivät kovin herkästi aiheuta ongelmia.

4.3 Tietojen jatkokäsittely

Matkustajamäärätietojen käyttötarkoitus määrää tietojen jatkokäsittelytarpeen ja -tavan. Kysymykseen vastanneet kaupungit joutuvat kaikki jatkokäsittelmään matkustajamäärätietoja. Vaikka APC-järjestelmänä olisi ratkaisu, jossa laitteen toimittaja hoitaa virhetarkastelut ja raakatiedon käsittelyn, on tietoja siirrettävä muihin sovelluksiin. Suunnittelu- ja paikkatieto- sekä MS Officeen ohjelmien käyttö on yleistä. Tietojen jatkokäsittelymenetelmiä koskeva kysymys ymmärrettiin kahdella eri tavalla: Osa vastasi, miten virhetarkastelut ja tietojen yhteensovittaminen tapahtuu ja toiset, miten tietoa prosessoidaan niiden jälkeen.

Eräät kaupungit tekevät virhetarkastelut ja liittävät raakatiedon aikataulu- ja linjastotietoon itse. Kööpenhamina, Budapest, Geneve, Chicago ja Los Angeles ainakin käyttävät tähän tarkoitukseen tehtyä sovellusta. Geneven vastauksessa perusteltiin ratkaisua sillä, että tällä tavoin tieto on täysin omassa hallinnassa. Tämän jälkeisestä sovellusten käytöstä ei saatu tietoa. Luultavasti nämäkin kaupungit käyttävät muita sovelluksia raakatiedon käsittelyohjelmien lisäksi, mutta eivät sitä vastaukseen kirjanneet.

Raakatiedon käsittelyn jälkeisestä sovellusten tarpeesta Hampurista kerrottiin, että käytetään sovellusta, jolla lipputulot jaetaan liikennöitsijöiden kesken, ja Prahassa käytetään aikataulusovellusta. Berliinissä hyödynnetään liikennesuunnittelijoille tarkoitettua Traffic Count -ohjelmaa, joka on liikennelaskentatiedoille tarkoitettu tietokanta. Oslon Ruterilla on työn alla selvitys, miten eri lähteistä (APC, manuaalilaskennat ja lipputiedot) saadut tiedot saataisiin yhteiskäyttöisiksi. He selvittävät samalla, mikä olisi tällä hetkellä markkinoiden paras raportointisovellus. Helsingissä tiedon muokkaamiseen käytetään MS Officea sekä suunnitteluun tarkoitettuja ohjelmia. Kööpenhaminassa ja Amsterdamissa tiedon muokkaamiseen käytetään tilanteeseen sopivaa sovellusta, mutta tarkempaa tietoa vastauksista ei saatu.

Yllättävää on, että vastausten perusteella moni kaupunki on päätenyt hoitamaan ajoneuvoissa kerätyn raakatiedon käsittelyn itse. Paketti, jossa ajoneuvojen laitteisto, raakatiedon käsittely sekä raportointisovellus kuuluvat yhteen, voisi luulla olevan helpoin ratkaisu. Tuloksen perusteella vaikuttaisi siltä, että laitteistojen toimittajien sovelluksiin ja raakatiedon muokkaamiseen ei oltaisi tyytyväisiä. Käsitystä vahvistavat HKL:n kokemukset. HKL:llä raakatiedon virhetarkastelut ja aikataulu- ja linjastotietoon liittäminen hoitaa laitteen toimittaja, mikä on tuottanut toistaiseksi paljon ongelmia.

Tiedonkäsittelyn aikataulu ei pidä eikä tiedon yhteensovittaminen ei suju kuten pitäisi. Toistaiseksi tätä on katsottu läpi sormien, mutta mikäli tulevaisuudessa ongelmat jatkuvat, täytyy HKL:kin harkita muita ratkaisuja.

4.4 Tarkkuus ja laadunvarmistus

Kaikissa kyselyyn vastanneissa kaupungeissa APC-järjestelmien tarkkuus on yli 90 %, ja kahdeksassa kaupungissa tarkkuus on 95 %. Neljästä kaupungista ei kuitenkaan saatu kysymykseen vastausta, tai he eivät osanneet vastata kysymykseen. Tarkkuusvaatimus on usein asetettu hyvin yksityiskohtaisesti erikseen pienille ja suurille kuormituksille, ja tavallisesti vaatimukset ovat järjestelmän hankintasopimuksessa. Muun muassa HKL:n tarkkuusvaatimukset on määritetty hyvin yksityiskohtaisesti tuleville APC-järjestelmille (HKL 2009a):

”Järjestelmän ei sallita sisältävän systemaattisia virheitä.

90 %:ssa kaikista mittauksista keskimääräinen virhe ei saa ylittää 5 %:a.

Tilaaja edellyttää, että toimittaja prosessoi DavisWeb -järjestelmään vähintään 90 % niistä APC laskentalaitteilla varustettujen raitiovaunujen lähdöistä, jotka ovat lähteneet pääte pysäkiltään aikataulun mukaisesti enintään kahden (2) minuutin poikkeamalla ja jotka on ajettu ko. linjan normaalia reittiä noudattaen.”

Vastauksissa kerrotut tarkkuudet olivat valmistajien ilmoittamia tai sopimuksessa asetettuja vaatimuksia, ja useat kaupungit kertoivat pääsevänsä sovittua parempaan tarkkuuteen. Siten vastausten perusteella ei voida sanoa, mikä laitteiden oikea tarkkuus on. Nykyisten matkustajalaskentalaitteiden valmistajien ilmoittama tarkkuus on yleensä 95 %, joka myös käytössä saavutetaan.

Tiedonlaatu varmistetaan yleensä raakatiedon ja aikataulu- ja linjastotiedon yhdistävässä tietokannassa olevilla algoritmeilla. Algoritmit vertailevat esimerkiksi nousijoiden ja poistujien määrän täsmäämistä, kuten Chicagon ja Helsingin käyttämät järjestelmät. Los Angelesissa, Berliinissä, Hampurissa, Münchenissä ja Helsingissä algoritmien lisäksi tehdään kausittaisia manuaalilaskentoja. Helsingissä suoritetaan syksyisin poikkileikkauslaskentoja, joihin APC-profiileja tarpeen vaatiessa voidaan verrata. Amsterdam käyttää tiedon laadun tarkistukseen kokemukseen perustuvaa vertailutietoa ja yksinkertaisia yhtälöitä. Vastauksista ei saatu kovin kattavaa kuvaa laadunvarmistuksen menetelmistä. Näiden vastausten perusteella näyttäisi kuitenkin

siltä, että useimmat kaupungit käyttävät sekä tietokantoihin ohjelmoituja algoritmeja että manuaalilaskentoja tiedonlaadun varmistamiseen.

4.5 Kokemukset ja tulevaisuuden toiveet

Kyselyyn vastanneilla kaupungeilla oli ristiriitaisia mielipiteitä APC-järjestelmistä. Vastaajat kuvasivat ajoneuvoissa olevaa laitteistoa luotettavaksi sekä kehuivat tiedon laatua ja mahdollisuuksia. Los Angeles ja Chicago kokivat laitteiden ylläpidon helpoksi. Hampurinkin laitteet olivat toimineet hyvin monta vuotta.

Yllättävää oli, että negatiivisista puolista esille nousivat samat asiat, joita osa vastaajista oli kehunut. Nyt ylläpitoa ja laadunvarmistusta pidettiin työläänä. Myös tiedon tarkkuutta arvosteltiin.

Ylläpito vie paljon aikaa erityisesti, jos laitteita on suuri määrä. Kuitenkin ylläpidon vaivattomuutta kiitelleissä Los Angelesissa ja Chicagossa laitteita on enemmän kuin sitä arvostelleissa Oslossa ja Münchenissä. Ehkä laitteiden suuren määrän vuoksi ylläpidon suunnitteluun on käytetty paljon aikaa, ja saatu se siten toimimaan tehokkaasti.

Laadunvarmistusta pidettiin vaativana, jos laitteita on vain pienessä osassa kalustoa. Selvää on, että pienellä määrällä laitteita yksittäiseltä linjalta saadaan harvemmin ja vähemmän otoksia. Otoksoon ollessa pieni on tiedon tarkkuus huonompi ja virheet tulevat selvemmin esille. Tällöin laadunvarmistus on erityisen tärkeää, mutta hankalampaa, jotta tietoa voidaan hyödyntää. Tämä ei silti ole APC-järjestelmästä johtuva ongelma, vaan laitteita tulisi hankkia enemmän. Chicagossa laitteiden asennus oli epäonnistunut, mikä oli aiheuttanut ongelmia laitteiden myöhemmässä toiminnassa. *Taulukossa 3* on yhteenveto laitteistoa koskevista positiivisista ja negatiivisista kommentteista.

Taulukko 3 Kokemukset laitteistoista

Positiiviset kokemukset:	Negatiiviset kokemukset:
Laitteisto on osoittautunut luotettavaksi ja sensorien komponentit ovat helppo korvata. (Chicago)	Ylläpito on aikaa vievää. (München)
Luotettava ja vaatii vain vähän ylläpitoa. (Los Angeles)	Asennus ja ylläpito ovat aikaa vieviä. (Oslo)
Parempi laskentatarkkuus kuin manuaalilaskennassa. (Los Angeles)	Eivät ole tarpeeksi tarkkoja laskemaan kaikkia nousijoita/poistujia. (Kööpenhamina)
Antavat mahdollisuuden yksityiskohtaiseen, tarkkaan ja ajankohtaiseen tietoon matkustajamäärien kehityksestä linjoilla aika- ja pysäkkikohtaisesti. (Oslo)	Laadunvarmistukseen täytyy kiinnittää paljon huomiota, jos laitteita vain vähän ja väliaikaisia aikatauluja on vaikeampi ottaa huomioon. (Oslo)
Toimineet hyvin monta vuotta. (Hampuri)	Hieman aliarvioi matkustajamääriä ja ei pysty erottelemaan kahta vierekkäin kulkevaa matkustajaa. (Los Angeles)
Ei ole ollut ongelmia. (Wien)	Asennus suoritettiin puutteellisesti. (Chicago)
Hyvin positiivisia kokemuksia. Tietoa saadaan yli 95 %:sta niistä lähdistä, joista pitäisi. (Geneve)	

Raportointi- ja tietokantasovelluksen kanssa on ollut enemmän ongelmia. Positiivisia asioita vastauksissa ei tullut esille kuin neljä. Los Angeles kuvaili raportointisovellusta luotettavaksi ja vain vähän ylläpitoa vaativaksi. München pitää tietokantaa joustavana ja Chicago kertoi tiedon määrän olevan suunnaton, mikä tulkittiin positiiviseksi kommentiksi. Wienissä ongelmia ei ole ollut.

Vastausten perusteella näyttäisi olevan hyvin yleistä, että raportointisovelluksen kanssa on ongelmia. Seitsemällä kaupungilla oli sovelluksesta negatiivista sanottavaa. Sovellusta pidetään hankalana käyttää, ongelmallisena sekä käyttö vaatii taitoa ja suurta työpanosta henkilökunnalta. Oslossa epäiltiin myös laadunvarmistuksen tasoa. Amsterdamissa oli mennyt useita vuosia ennen kuin raportointisovelluksesta oli saatu mieleinen, ja Hampuri oli lopulta siirtynyt käyttämään täysin heitä varten tehtyä sovellusta. Myös Wienissä käytettävä sovellus on muokattu heidän tarpeitaan vastaavaksi. Los Angelesissa tehdään itse raakatiedon yhteensovittaminen linjasto- ja aikataulutietoon, mikä on koettu hankalaksi. *Taulukossa 4* on yhteenveto raportointia koskevista kommentteista.

Prahasta, Tukholmasta, Genevestä ja Wienistä vastattiin, että koko APC-järjestelmä (laitteisto ja sovellus) toimii toivotulla tavalla.

Kun listataan yhteen laitteistoa ja raportointisovellusta koskevat negatiiviset kommentit, saadaan kolmeksi tärkeimmäksi päätelmäksi.

1. Raportointisovellukset ovat työläitä käyttää ja vaativat henkilökunnalta taitoa.
2. Laadunvarmistuksen tasosta ja tietojen tarkkuudesta on epäilyksiä
3. Laitteistot, ja joissakin tapauksissa myös raportointisovellus, vaativat paljon ylläpitoa

Mielipiteiden ja laitteiden määrän tai kaupungin koon väliltä ei löytynyt riippuvuutta.

Laitetta ja raportointisovellusta koskevista kommenteista voi päätellä, että automaattisissa matkustajalaskentajärjestelmissä raportointisovelluksessa on eniten ongelmia. Ajoneuvossa olevat laitteistot toimivat pääasiassa hyvin, vaikka ylläpito saatetaankin kokea työlääksi. Ongelma raportointisovelluksissa saattaa olla se, että laitteiden valmistajat eivät tunne tarpeeksi hyvin joukkoliikennesuunnittelijoiden ja tutkijoiden tarpeita. Lisäksi negatiiviset asiat tulevat ehkä helpommin mieleen, mutta positiiviset hyvin toimivat seikat unohtuvat. Positiivisten kommenttien pienestä määrästä ei tulisikaan tehdä johtopäätöstä, että APC-järjestelmiin oltaisiin tyytymättömiä, mutta kielteisistä voidaan löytää ne seikat, joissa vielä voidaan parantaa.

Taulukko 4 Kokemukset raportointisovelluksesta.

Positiiviset kokemukset	Negatiiviset kokemukset
Sovellus on luotettava ja vaatii vain vähän ylläpitoa. (Los Angeles)	Kesti useita vuosia ennen kuin raportointisovelluksesta saatiin hyvä prosessointi-/raportointityökalu. (Amsterdam)
Tietokanta on joustava. (München)	Raportointisovellus ei ole käyttäjäystävällinen. Uusien raporttien luominen vie liikaa aikaa ja on liian kallista. Sovelluksesta ei pääse raitiovaunujen raakatietoon käsiksi ilman siihen tarkoitettua tietokonetta. (Oslo)
Tietoa saadaan suunnattomia määriä. (Chicago)	Matkustajamäärien prosessoinnin ja laadunvarmistuksen riittävästä tasosta on epävarmuutta. (Oslo)
Ei ole ollut ongelmia. Sovellus on suunniteltu heidän tarpeitaan varten. (Wien)	Normaali tietokanta vaatii taitoa henkilökunnalta. (München)
	Aluksi oli suuria ongelmia laitteistoihin yhdistetyn sovelluksen kanssa. Tämän seurauksena käyttävät sovellusta, joka on luotu erityisesti heitä varten. (Hampuri)
	Sovelluksen eri versioiden välillä on ongelmia. (Kööpenhamina)
	Suurimmat ongelman ovat tiedon yhteen sovittamisessa aikatauluihin. (Los Angeles)
	Tiedon suuren määrän ja sovelluksen monimutkaisuuden vuoksi tarvitaan henkilöstöltä suurta panosta sujuvan prosessin ylläpitämiseen ja tiedon laadun varmistamiseen. (Chicago)

Tulevaisuuden toiveita vastauksiin oli listattu hyvin vähän. Vastauksissa toivottiin parannusta tarkkuuteen ja raportointisovelluksesta käyttäjäystävällisempää. Toivottiin myös, että raportointisovellus saataisiin paremmin integroitua aikataulussa pysymisen seuranta -järjestelmän kanssa. Kaksi vastaajista ilmoitti toiveensa saada lisää tietoa matkustajien liikkeistä. Matkustajien keskimatkan pituuden ja matkaketjun selvittämiseen (lähtöpaikka määränpää – tutkimukset) toivottiin uusia tapoja.

4.6 Oslon seutuliikenne esimerkkinä

Norjan pääkaupungissa Oslolla on asukkaita 560 000 ja koko Oslo–Akershusin pääkaupunkiseudulla miljoona asukasta (Akershus 2009). Oslon liikennelaitos Ruter As vastaa Oslon ja seutukuntien joukkoliikenteestä. Vuonna 2008 nousijamäärät busseissa

olivat noin 100 milj., raitiovaunuissa 40 milj., metrossa 73 milj. ja lähijunissa 26 milj. Joukkoliikenteen kokonaisnousijamäärä vuonna 2008 oli 239 miljoonaa.

Ruterilta valmistui maaliskuussa 2009 selvitys, jossa pyrittiin löytämään ratkaisu matkustajamäärien tehokkaampaan keräämiseen, käsittelyyn ja jakeluun Ruterilla. Selvityksessä kartoitettiin myös muiden kaupunkien käytäntöjä. Ruterilla on nykyään 25 % (251/1250) busseista ja 20 % (18/72) raitiovaunuista varustettu matkustajalaskentalaitteilla. 90 %:lla bussilinjoista tietoa kerätään laitteilla, mutta raitiolinjojen osalta laitteiden tietoja ei vielä hyödynnetä. Ruterilla käytetään INIT -järjestelmää, jossa infrapunasensorit asennetaan oviaukkojen yläpuolelle. Laitteen valmistaja takaa virhemarginaaliksi ± 5 %, mutta se on kokemuksen mukaan parempi, ± 3 %. (Ruter ja Enable 2009.)

Yksittäisten bussilinjojen matkustajamäärälaskentatapa, kuljettajarekisteröinti tai laskentabussit, on määritelty sopimuksessa. Siten laskentatapa riippuu tarjouspaketeista. Raitiolinjoilta matkustajamäärät lasketaan toistaiseksi kaksi kertaa vuodessa tehdyillä manuaalilaskennoilla, vaikka laskentalaitteet vaunuihin on jo hankittu. Metrossa ja lähijunissa tiedot saadaan manuaalilaskennoin. Laskentalaitteiden hankintaprosessi lähijuniin on aloitettu. Manuaalilaskennat ja kuljettajarekisteröinnit eivät ole tarpeeksi tarkkoja Ruterin käyttötarkoituksiin, ja siksi he tarvitsevat tarkempaa tietoa:

- toimenpiteiden täytäntöönpanon vaikutusten arvioimiseen
- matkustajalaskentojen raportointiin johdolle ja omistajille
- vaunutarpeen ja kapasiteetin arviointiin tarjonnan muutosten/kehittämisen yhteydessä
- mallilaskelmien varmentamiseen
- etu/hinta-arvioiden tekemiseen kuten pysäkkien/asemien muuttamiseen.

Jos kyseiset laskennat tehtäisiin manuaalilaskennoin, olisi se liian kallista ja tulos olisi myös epävarmempi verrattuna automaattisten matkustajalaskentalaitteiden tiedon tasoon. (Ruter ja Enable 2009.)

Matkustajamääräraportit Ruterille tekee suunnittelutoimisto Trafikanten. He suorittavat raakatiedon virhetarkastelut ja tekevät lukuisia Internet-raportteja valmiiksi Ruterin käyttöön. Raportointiin ei olla kuitenkaan tyytyväisiä, sillä sovellusta pidetään vaikeakäyttöisenä ja laadunvarmistukseen ei luoteta. Raitiovaunujen raakatietoon ei myöskään pääse käsiksi ilman sitä varten tarkoitettua tietokonetta. Laitteiden asennus ja ylläpito on aikaa vievää ja kallista. Näihin ongelmiin raportissa ehdotetaan ratkaisuiksi:

- 67 % busseista varustamista laitteilla
- 50 % raitiovaunuista varustamista laitteilla
- 50 % metrovaunuista varustamista laitteilla
- laskenta-ajoneuvojen kalibrointia
- nykypäivän raportointisovellusten kartoitusta ja arviointia.

Oslossa, kuten monessa muussa kaupungissa, jossa automaattisia matkustajalaskentalaitteita käytetään, on suurin ongelma raportoinnin kanssa. Tietoa on niin laajasti, jos selvityksen ehdotusta noudetaan tulevaisuudessa vielä enemmän, että raportointi on haastavaa. Tällä hetkellä konsulttiyhtiö Trafikanten selvittää Ruterille sopivaa raportointisovellusta.

4.7 Päätelmät

Automaattisten matkustajalaskentalaitteiden käyttö on yleistynyt Merinin vuonna 1993 tehdyn kyselytutkimuksen jälkeen. Vuonna 1993 kyselyyn vastanneista seitsemästä kaupungista vain kaksi käytti automaattista matkustajalaskentalaitetta. Nyt tehdyssä kyselytutkimuksessa jo yli puolet vastaajista käytti laitetta. Lisäksi monet kaupungit tällä hetkellä selvittävät eri APC-järjestelmien soveltuvuutta heille. Suuntaus näyttäisi olevan, että matkustajalaskennassa siirrytään yhä enemmän APC-järjestelmien käyttöön. Vastauksista voitiin nähdä, että Suomen muut kaupungit kuin Helsingin seutu eivät vielä ole kokeneet automaattisia matkustajalaskentalaitteita tarpeellisiksi. Ehkä kuitenkin laitteet rantautuvat Helsingin esimerkin myötä myös muualle Suomeen. Niiden ominaisuuksille näyttäisi olevan käyttöä, mutta on jokaisen kaupungin itse arvioitavissa ovatko hyödyt tarpeeksi suuret suhteessa laitteiden kustannuksiin.

Kyselylomake lähetettiin alun perinkin pääasiassa Eurooppaan, ja muualta maailmasta otettiin mukaan vain pieni näyte. Vastaukset jakautuivat siten, että 26 vastausta saatiin Euroopasta, yksi Aasiasta ja kolme vastausta Pohjois-Amerikasta. Etelä-Euroopasta saatiin vastaus ainoastaan Barcelonasta Espanjasta. Kyselyn tulokset kuvaavat siten pääasiassa Pohjois- ja Keski-Euroopan tilannetta. Yhdysvalloissa kaksi kolmesta kaupungista käytti kuitenkin APC-järjestelmää, ja siellä on muutoinkin tehty laitteista enemmän selvityksiä. Tästä voisi tehdä johtopäätöksen, että siellä laitteiden käyttö on yleisempää kuin Euroopassa.

Infrapunasensorilaitteet ovat yleisimpiä tällä hetkellä, ja pääosin niihin ollaan tyytyväisiä. Tulevaisuudessa voisi kuitenkin olettaa, että lasersäde- ja videoanalyysiin

perustuvat tekniikat yleistyvät niiden paremman tarkkuuden ja luotettavuuden vuoksi. Erityisesti, koska kehitysehdotukset tuleville APC-järjestelmille koskivat raportointisovelluksen kehittämistä ja parempaa tarkkuutta. Lisäksi matkustajien matkaketjun selvittäminen oli toive yhdessä vastauksessa. Nämä molemmat asiat ovat olleet myös HKL:llä toiveina. Sitä ennen laitteiden hintatason täytynee laskea.

Vastauksista kävi ilmi monia samoja seikkoja, joihin myös HKL:lla on törmätty uusien automaattisten matkustajalaskentalaitteiden käyttöönottoprosessissa. Laitteistojen ylläpito sekä raportointisovellus ovat tuottaneet ongelmia Helsingin ohella monessa kaupungissa. Automaattisen matkustajalaskentalaitteen käyttöönotto on aikaavievä ja työläs. Käyttöönotossa kannattaa kiinnittää huomiota ajoneuvojen kierrättämisen, laitteiden ylläpidon sekä raportoinnin järjestämiseen, niin ongelmilta vältetään myöhemmin.

5 HKL:N MATKUSTAJALASKENNAT JA MATKA-AIKAMITTAUKSET

5.1 Matkustajalaskentamenetelmät aikojen saatossa HKL:llä

HKL:llä alettiin ensimmäisen kerran laskea matkustajia jo 1950-luvulla. Tällöin yhteen raitiovaunuun asennettiin yhdistetty lipunleimaus- ja matkustajalaskentalaitte (HKL 2004). Vaikka laitteen pääasiallinen tarkoitus ei ollut laskea matkustajia vaan helpottaa lipunmyyntiä, voitiin laitteesta määrittää myös kyytiin nousevat matkustajat lipun leimausten perusteella.

Vuoteen 1986 asti mitoittavat linjakohtaiset matkustajamäärät saatiin noin joka toinen vuosi tehdyillä mittavilla manuaalisilla profiililaskennoilla. Liikenteen seurantatiedot saatiin lipunmyyntitiedoista. Vuonna 1987 seurannassa siirryttiin kuukausittain kiinteissä vakiopisteissä tehtäviin manuaalisiin poikkileikkauslaskentoihin. Niiden avulla voitiin laskea, miten edellisen profiililaskennan taso on muuttunut. Tällä tavoin profiililaskentoja tehtiin vuosina 1989, 1992 ja 1995, sekä tämänkin jälkeen profiili- ja lippulajilaskenta vuosina 1999 ja 2002. Vuoden 2002 profiililaskennan tietoja käytetään edelleen hyväksi raitioliikenteen matkustajamäärien määrittämisessä. (Haataja 2009b.)

Kuitenkin jo 1980-luvulla HKL otti tavoitteekseen hankkia automaattisen matkustajalaskenta- ja matka-aikamittausjärjestelmän. Vuonna 1989 metroasemille hankittiin infrapunasädeilmaisimiin perustuvat matkustajalaskentalaitteet. Jos metroasemalla oli liukuportaat, asennettiin ilmaisimet niihin ja muutoin oviaukkoihin tai tavallisiin portaisiin. Nämä laitteet toimivat hyvin ja ovat käytössä edelleen. Myös busseihin kokeiltiin Ranskassa kehitettyä laitetta, jossa valokennoilmaisimet asennettiin bussien oviaukkoihin. Pysäkillä sijoitettuna majakan lähettämän signaalin perusteella laite tiesi, millä pysäkillä bussi milloinkin oli. Laitetta ei kuitenkaan tuolloin saatu toimimaan luotettavasti, ja varikolla tehdyissä tarkastuslaskennoissa virheeksi saatiin noin 30 %. Tällöin bussien osalta hankkeesta luovuttiin, kunnes vuonna 1991 HKL päätti Tampereen kaupungin liikennelaitoksen lupaavien testitulosten (virhe alle 7 %) perusteella kokeilla MATLA 2000 -matkustajalaskentalaitetta. Laitteen matkustajamäärälaskenta perustui ilmajousitetun bussien ilmajousien paineenvaihteluihin: bussien eri

painepiireistä saadut painearvot laskettiin yhteen, ja arvoa verrattiin tyhjän auton painearvoihin. Näiden erotus jaettiin yhden matkustajan aiheuttamalla keskimääräisellä painemuutoksella eli painekertoimella. Toisin sanoen bussin matkustajamäärä laskettiin jakamalla bussin lisäpaino matkustajien keskipainolla, joka oletettiin olevan 70kg. Paineeroin määritettiin jokaiselle laskentavaunulle erikseen. Kerätyt mittaustiedot purettiin laitteesta kannettavan tietokoneen avulla. Varsinaisesti tutkimuskäyttöön MATLA 2000-järjestelmä otettiin vuonna 1992. (Merin 1993, Lepistö 1999.)

MATLA 2000 -järjestelmän avulla pystyttiin tuottamaan monenlaisia joukkoliikenteen tunnuslukuja. Saatiin muun muassa tiedot kuormitusasteesta, matkustajakilometreistä, matka-ajoista ja viipeistä. HKL:n suorittaman tarkastuslaskennan perusteella MATLAn virhe oli useimmissa matkustajamääräluokissa alle 5 %. (Merin 1993.)

MATLasta jouduttiin luopumaan vuonna 2000, sillä uusissa matalalattiabusseissa siirryttiin jousijärjestelmän tasonsäädön mekaanisesta esiohjauksesta sähköiseen esiohjaukseen. Uusissa busseissa tasonsäätö tapahtui samanaikaisesti MATLA:n mittaustapahtuman kanssa, mikä aiheutti liian suuren painearvon, ja siten virheellisen matkustajamäärän. MATLAn valmistaja ei ollut valmis kehittämään laitetta uusien vaatimusten mukaiseksi, minkä vuoksi laitteesta jouduttiin luopumaan. (Kokki 2009a.)

Uudeksi järjestelmäksi valittiin ruotsalaisen ÅF Infrastrukturen vuokraama infrapunailmaisimiin perustuva matkustajalaskentalaite ATR (automatisk trafikräkning). Laitteet hankittiin kolmeen bussiin ja kahteen raitiovaunuun. ATR-laite rekisteröi nousevat ja poistuvat matkustajat, pysäkkien välisen ajomatkan sekä eri tapahtumien keston, kuten pysäkkiviipeen. Ajomatka laskettiin matkamittarin perusteella, sillä laitteeseen ei kuulunut GPS:ää. Sensorit asennettiin ajoneuvon oviaukkojen molemmille reunoille. Matkustajan kulkiessa oviaukosta säde heijastui takaisin matkustajasta sensoriin ja laite rekisteröi matkustajan. Tiedonsiirto tapahtui modeemien avulla. HKL:lta otettiin viikoittain yhteys puhelinmodeemin kautta varikolla oleviin ajoneuvoihin. Varikolla oli puhelinmodeemi sekä Satell:in valmistama radiomodeemi. Puhelinmodeemin kautta saatiin yhteys HKL:n ja varikon välillä. Radiomodeemi oli ajoneuvotietokoneisiin yhdistämistä varten. HKL:lla olevaan tietokoneeseen oli määritelty automaattiset varikoille soittoajankohdat ja yhteys jokaiseen ajoneuvoon pyrittiin varmistamaan siten, että soittoaikoja määriteltiin useita. Yhtenä soittoajankohtana yhteyttä yritettiin muodostaa enintään kolme kertaa.

Ajoneuvotietokoneilta kerätty tieto ladattiin HKL:n tietokoneelle, mutta tiedonsiirto olisi voitu tehdä myös disketin tai kannettavan tietokoneen avulla varikolla. HKL:ltä raakadata lähetettiin aikataulutietojen ja lähtöketjujen kanssa edelleen Åf Infrastukturelle Tukholmaan. Lähtöketjuissa on kerrottu kaikkien linjojen lähtöajat ja paikat kyseisellä aikataulujaksolla.

Tukholmassa tiedoille tehtiin virheanalyysit sekä tilastolliset tarkastelut ja raakatieto yhdistettiin oikeisiin aikatauluihin ja linjoihin. Tietojen yhteensovittaminen oikeaan linjaan ja lähtöön tapahtui lähtöajan ja pysäkkien välisten etäisyyksien perusteella. Tarkastelujen jälkeen tieto lähetettiin takaisin HKL:lle siinä muodossa, että se voitiin tallentaa tietokantasovellukseen ja hakea sieltä tarkasteltavaksi. Laskentatarkkuus oli noin 95 % ja suurin etu MATLA 2000:een nähden oli se, että ATR soveltui myös raitiovaunuihin. (AB Storstockholms lokaltrafik 2000.)

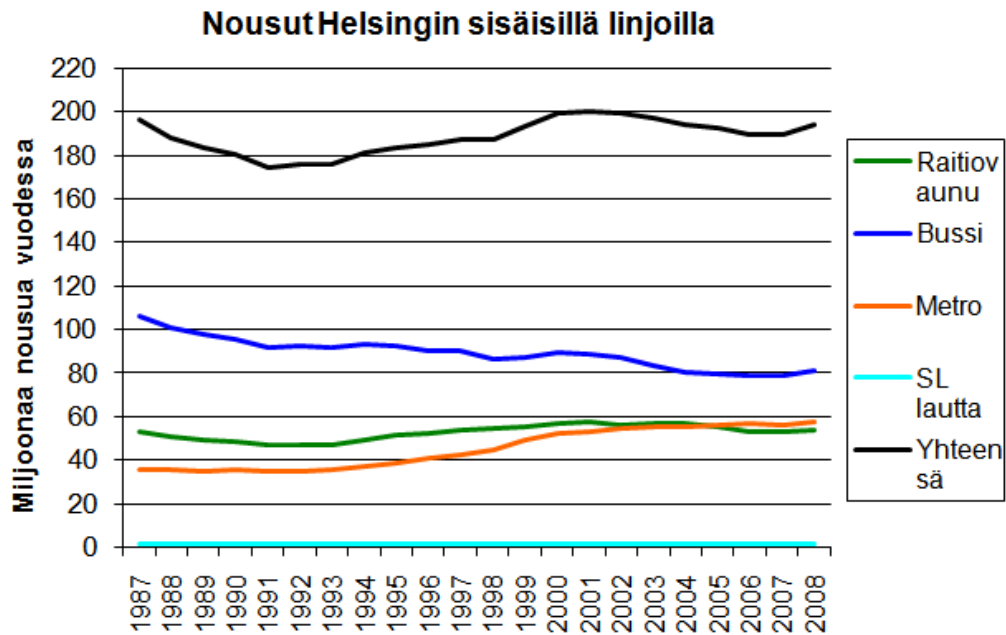
ATR-laitteet olivat raitiovaunuissa käytössä alkukesään 2009. Busseista laitteet purettiin 2008 keväällä, mutta laskentatietoja saatiin vain vuoteen 2007 asti laskentabussien rikkoutumisen vuoksi. Itse laitteet toimivat moitteettomasti. Keskusyksikkö oli sijoitettu koteloon, jota käytetään myös armeijan tarkoituksiin. Siten laitteet kestivät hyvin kulutusta ja ilkivaltaa. ATR-laitteet kilpailutettiin, minkä seurauksena ne vaihdettiin Dilax Intelcom GmbH:n valmistamiin laitteisiin

5.2 HKL:n matkustaja- ja matka-aikamittaukset eri kulkumuodoissa

Matkustajalaskentojen tietoja käytetään Helsingissä HKL:lla kuukausittaiseen ja vuosittaiseen tilastointiin (*kuva 10*) sekä lähtötietona linjasto- ja aikataulusuunnittelussa eri ajankohtina. Matkustajamäärätietoja toimitetaan toisinaan pyynnöstä muillekin tahoille, kuten pysäkkien mainostilan myyjille.

Tiedot matkustajamääristä saadaan eri tavoin eri kulkuneuvoista. Busseissa matkustajalaskentalaitteita oli aiemmin ainoastaan kolme kappaletta, joten suunnittelijoiden tarvitsemat kuormitustiedot jääneet puuttumaan. Laskentabussien käyttöä vaikeutti lisäksi se, että yksi laskentalaitte oli asennettu vanhempaan bussiin, joka ei liikennöinyt kesäisin lainkaan. Laskentabusseja oli kesäisin käytössä siis vain kaksi kappaletta, ja niidenkään linjoilla kierrätys ei toiminut tehokkaasti. Bussiliikenteessä nousevat matkustajat kaikilta linjoilta ja kaikista lähdöistä on saatu ympäri vuoden matkakorttijärjestelmän kautta.

Matkakorttijärjestelmä ei kuitenkaan rekisteröi lastenvaunujen kanssa (oikeus matkustaa ilman lippua) tai paperilippuvaihdolla matkustavia, sillä tällöin matkakorttia ei näytetä. Kuljettajien tulisi rekisteröidä matkustajat, jotka eivät muuten matkakorttijärjestelmään tallennu. Koska kuljettajien toiminnassa on eroja, on tarvittu manuaalilaskentoihin perustuvia korotuskertoimia lukujen saattamiseksi tilastoihin kelpaavaan muotoon. (Vihervuori 2009a.)



Kuva 10 Nousijamäärien kehitys Helsingin sisäisillä linjoilla (Vihervuori 2009c).

Metroissa, raitiovaunuissa, Suomenlinnan lautalla sekä VR:n lähiliikennejunissa on käytössä avorahastusjärjestelmä. Avorahastusjärjestelmä tarkoittaa sitä, että matkustajia tulee sisään monesta eri ovesta ja matkan maksamista ei matkustajien noustessa kyytiin valvota, kuten busseissa tehdään. Näin ollen näissä liikennemuodoissa matkustajamääriä ei voida saada matkakorttijärjestelmän avulla vaan joudutaan käyttämään muita laskentatapoja. (Vihervuori 2009a.)

Metrolinjoilta tiedot nousevista ja poistuvista matkustajista saadaan kullakin asemalla olevista infrapunailmaisimiin perustuvista automaattisista matkustajalaskentailteista, joista saadaan matkustajamäärät minuuteittain. Laskentatiedoista poistetaan mahdollisten puuttuvien tai ilmiselvästi virheellisten päivien vaikutukset käyttämällä päivätyypeittäistä keskiarvoa (ilman virheellisiä päiviä) ja kerrotaan se kyseessä olevan päivätyypin määrällä tuona kuukautena. Ongelmia aiheuttaa ilmaisimille tehty ilkivalta,

portaissa vieretysten kulkevien matkustajien havaitseminen sekä joidenkin asemien ilmaisimien epätarkkuus. Lisäksi liukuportaiden kulkusuuntaa vaihdettaessa myös laskentalaitteiden asetuksia tulisi muuttaa, mitä ei aina kuitenkaan muisteta tehdä. Virheiden minimoimiseksi käytetään manuaalilaskennoin määritettyjä asemakohtaisia korjauskertoimia. Asemaväleittäiset kuormitukset lasketaan käyttämällä apuna erillistä suuntajakaumamallia. Tiedoista tuotetaan tilastot nousevista ja poistuvista matkustajista tunneittain ja asemittain. (Kokki 2009b, Vihervuori 2009a.)

Suomenlinnan lautan päälinjalla Kauppatori–Suomenlinna on satamissa kääntöportit, jotka mekaanisesti laskevat matkustajat. Henkilökunta täydentää tuloksia niiden matkustajien osalta, jotka eivät niihin rekisteröidy. Matkustajamäärät ovat lauttojen osalta hyvin tarkkoja, sillä meriturvallisuussäännökset edellyttävät täsmällisten matkustajamäärien laskentaa. (Vihervuori 2009b.)

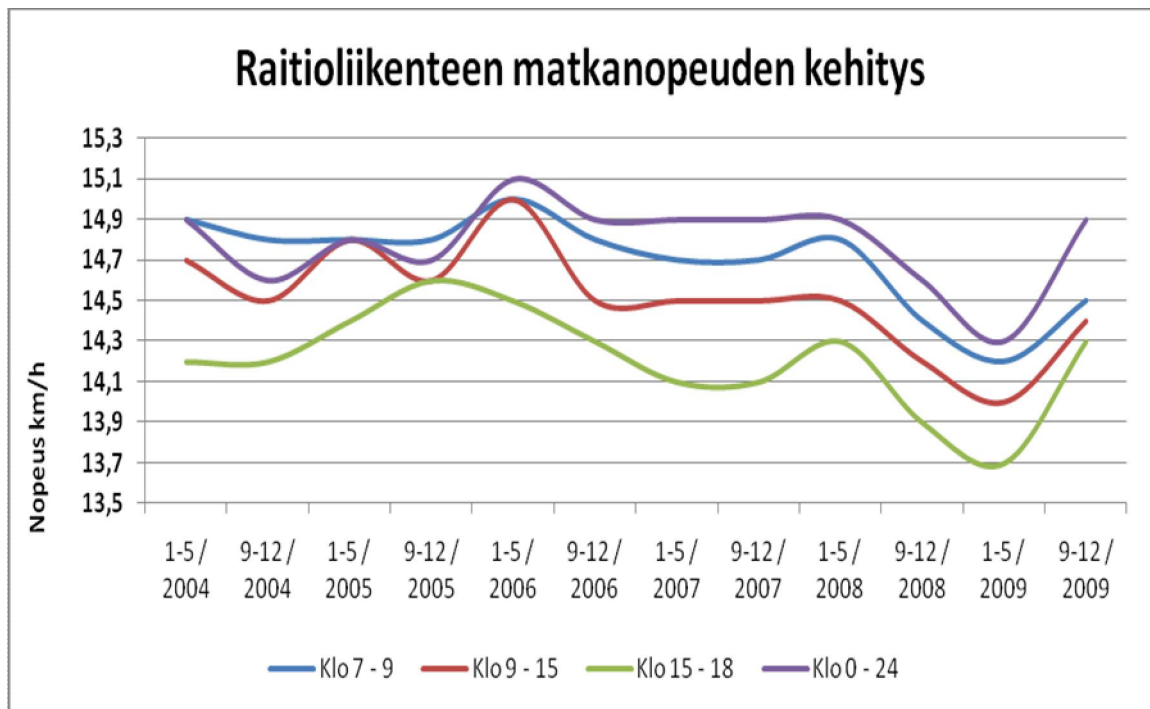
Nykyisin raitioliikenteen matkustajamäärätilastoinnin perustana ovat vuonna 2002 tehdyt profiililaskennat, joten kuormitukset kaikkien linjojen jokaisessa kohdassa ovat tiedossa. Raitiovaunulinjojen profiileihin saatiin aiemmin vertailulukuja kahteen raitiovaunuun asennettujen ATR-laskentalaitteiden avulla. Laitteiden vähäisen määrän vuoksi vertailulukuja saatiin yhdeltä linjalta vain noin kolme kertaa vuodessa ja laskentatietoja oli hankala saada kattavasti. Jo yhden laskentavaunun/-bussin poissaolo liikenteessä aiheutti ongelmia ja toinen laskentavaunu olikin toistuvasti huollossa vaunun muusta tekniikasta johtuvista syistä pitkiä aikoja, ja usein sattui, että samanaikaisesti kaksikin vaunua oli poissa käytöstä.

Laskentalaitteiden tuottaman raakatiedon prosessointi vaati HKL:ltä toistuvaa mekaanista työtä, sillä tiedot eivät siirtyneet automaattisesti ajoneuvoista.

Laskentavaunujen osalta tiedot nousevista ja poistuvista matkustajista saatiin linjoittain ja pysäkeittäin, mikä mahdollisti myös pysäkkiväleittäisten kuormitustietojen tuottamisen. Lisäksi jokaiselta raitiolinjalta tehdään säännöllisesti poikkileikkauslaskenta vaunun ulkopuolelta käsin. Laskenta suoritetaan neljässä vakiopisteessä 1–2 päivänä joka kuukausi. Linjoittain laskentoja on kuitenkin enemmän, sillä linjat kulkevat yleensä useamman kuin yhden laskentapisteen kautta. Poikkileikkauslaskentojen tulokset laajennetaan koskemaan linjojen kaikkia lähtöjä ja päiviä kertomalla linjan profiilin mukainen arkipäivän kokonaisnousijamäärä muutoskertomella. Muutoskerroin on linjan poikkileikkauslaskentojen kuormitusten summa havaintopisteissä jaettuna profiilin mukaisten kuormitusten summalla kyseisissä

pisteissä. Laskentatiedoista poistetaan mahdollisten puuttuvien tai ilmiselvästi virheellisten päivien vaikutukset käyttämällä päivätyypeittäistä keskiarvoa (ilman virheellisiä päiviä) ja kerrotaan se kyseessä olevan päivätyypin määrällä tuona kuukautena. (Vihervuori 2009a.)

Matka-ajat ja matkanopeudet bussilinjoilta on saatavissa matkakorttijärjestelmän tai automaattisten matkustajalaskentalaitteiden kautta. Matkakorttijärjestelmän kautta saatava tieto on kattavampaa, sillä automaattisia matkustajalaskentalaitteita ei ole kaikissa ajoneuvoissa eikä siten kaikissa lähdöissä. Raitiolinjojen nopeuksia ei matkakorttijärjestelmästä saada, sillä raitiovaunuissa ei ole käytössä matkakorttiaskellusta. Busseissa matkakorttiaskellus toimii siten, että bussin renkasiin kytketty laite lähettää pulsseja, joiden perusteella lasketaan kuljettu matka. Pulssien perusteella matkakorttijärjestelmä tietää, missä kohtaa reittiä bussi on menossa, sillä jokaisen linjan pysäkkien väliset etäisyydet ovat tiedossa. Raitiolinjojen kaikkien lähtöjen tapahtumat sen sijaan kirjautuvat lähtöpysäkille, koska myöskään kuljettajat eivät yleensä askella pysäkkejä käsin (Lepistö 2009a). Tähän asti matka-ajat ja matkanopeudet raitiolinjoilta ovat olleet mahdollista saada myös ATR-matkustajalaskentalaitteista, ja jatkossa tieto tullaan saamaan uudesta Dilax laskentalaitteesta. Yksittäisten raitiolinjojen ajonopeudet tilastoidaan 2–5 kertaa vuodessa (*kuva 11*). Bussilinjojen ajonopeudet tilastoidaan kaksi kertaa vuodessa, talvi- ja kesäaikataulujen voimassaoloaikana. Syyt ajonopeuksien poikkeamiin selvitetään. (Vihervuori 2009a, Siitonen 2009)



Kuva 11 Raitioliikenteen matkanopeuden kehitys puolen vuoden jaksotuksella (HKL 2009b).

Tilastot kuukausittaisista nousijamääristä laaditaan Helsingin sisäisistä matkoista kulkumuodoittain, johon lasketaan mukaan seutubussilinjoille tehtyt sisäiset nousut. Tämän lisäksi tilastoinnilla verrataan lipputulaja ja nousijamääriä. Nousijamäärien vaihteluja kuvataan kuukausittaisella, jaksoittaisella sekä vuosittaisella tasolla. Raitiovaunuissa olleiden ATR-matkustajalaskentalaitteiden matkustajamäärä- ja matka-aikatietojen pohjalta tehtiin tarkempia raportteja suunnittelijoita varten. Nämä raportit laitettiin henkilökunnan nähtäville Raitioliikenteen profiilit ja matka-ajat -tietokantaan, jota käytettiin tavallisella Internet-selaimella. Tietokannassa on jokaiselta raitiolinjalta yhden arkipäivän keskimääräiset nousija-, poistuja- ja kuormitusmäärät pysäkeittäin (kuva 12). Lisäksi tietokannassa on matka-aikoja, viipeitä, nopeuksia sekä etäisyyksiä. Raportteja jokaiselta linjalta tehtiin 1–4 kertaa vuodessa. Määrä riippui siitä, miten laskentavaunuja oli ollut kullakin linjalla.

HKL / Suunnitteluosasto															19.2.2008
Profiililaskenta linjalla 4 26.2 - 23.3.2007, vaunu 201															Kuormitus suunnassa 1 arkana
Pysäkki	5..6	6..7	7..8	8..9	9..11	11..13	13..15	15..16	16..17	17..18	18..20	20..22	22..24	24...	YHT.
Matruusinkatu	9	47	113	212	147	146	107	57	90	66	90	26	7	2	1118
Puolipäiväkatu	10	56	154	266	190	203	155	92	146	113	125	31	12	2	1554
Vyökätku	13	56	211	318	308	269	222	125	190	159	163	91	17	2	2142
Kauppiatankatu	19	79	286	404	385	373	337	214	289	233	308	147	25	2	3101
Katajanokan puisto	19	89	366	503	459	475	483	337	422	360	408	223	52	8	4204
Ritankatu	19	98	379	506	459	522	570	391	515	468	489	250	65	15	4745
Senaatintori	19	112	328	438	417	553	621	400	536	530	548	273	77	13	4865
Aleksanterinkatu	20	105	305	390	380	554	671	412	559	597	673	276	83	28	5053
Ylioppilastalo	6	79	198	264	300	472	751	322	516	651	780	279	103	52	4773
Lasipalatsi	34	133	479	636	574	648	1148	391	564	894	1083	487	243	122	7435
Kansallismuseo	33	128	467	614	540	584	1081	385	558	873	1048	499	250	125	7184
Hesperian puisto	29	116	424	543	487	536	1015	358	515	795	978	478	243	112	6630
Ooppera	35	133	462	629	460	524	1016	346	519	734	923	480	247	112	6620
Töölön halli	35	137	426	614	413	491	935	318	491	653	776	437	205	93	6022
Kansaneläkelaitos	29	124	402	585	385	468	841	291	452	539	692	406	168	78	5461
Töölön tulli	30	103	426	447	334	408	745	291	411	522	645	374	168	72	4976
Meilahden sairaala	25	54	292	270	231	337	630	277	384	464	589	346	153	53	4106
Meilahdentie	23	39	239	216	190	274	576	251	344	437	561	312	147	50	3657
Paciuksenkatu	20	33	237	198	160	247	483	223	324	363	486	276	125	40	3216
Munkkin. puistotie	18	25	223	188	126	172	335	147	217	248	286	144	70	28	2226
Laajalahden aukio	8	5	52	74	41	55	102	46	49	65	73	36	20	3	629
Tiilimäki	6	5	17	15	24	26	42	18	18	26	27	27	7	2	260
Saunalahdentie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
YHTEENSÄ	459	1755	6487	8325	7010	8339	12867	5692	8106	9785	11752	5899	2487	1013	89975
Lähtöjä otoksessa	2	4	7	8	14	15	17	5	6	8	15	7	6	3	117
Lähtöjä kaikkiaan	2	7	11	12	19	18	24	7	7	12	19	12	10	5	165

Kuva 12 Raitioliikenteen profiilit ja matka-ajat tietokannasta kuormitusprofiilitaulukko (HKL 2008).

6 HKL:N UUSI AUTOMAATTINEN MATKUSTAJALASKENTALAJTE

6.1 Hankinnan tausta ja tavoitteet

HKL vaihtoi kevään 2009 aikana raitiovaunujen automaattiset matkustajalaskentalaitteet uusiin. HKL oli aiemmin ottanut busseissa käyttöön saksalaisen Dilax Intelcom GmbH:n laitteet. Laitteiston ja sovellusohjelmien yhteensopivuuden vuoksi saman valmistajan laitteet haluttiin myös raitiovaunuihin. Matkustajalaskentalaitteita asennettiin keväällä 2009 kolmeen raitiovaunuun, joiden numerot ovat 76, 86 ja 101. Saman valmistajan laitteita oli aiemmin asennettu busseihin yhteensä 15 kappaletta kuuteen Helsingin sisäisessä liikenteessä ja yhdeksään seudullisessa liikenteessä olevaan bussiin. Tavoitteena on hankkia raitiovaunuihin kymmenen laitteistoa lisää keväällä 2010, jolloin kaikille 12:sta raitiolinjalle saataisiin oma laskentavaununsa ja yksi jäisi vielä varalle. Näin tulevaisuudessa jokaiselta raitiolinjalta saataisiin tietoa kattavasti ja vuoden 2002 profiilien käytöstä voitaisiin luopua kokonaan.

Laitteen asennuksen onnistuminen, ja siitä suuresti riippuva laitteen laskentatarkkuus on avainasemassa luotettavien profiili- ja kuormitustietojen sekä matkanopeuksien määrittämisessä, mitkä edelleen ovat tärkeitä joukkoliikenteen ylläpidolle ja kehittämiselle. HKL asetti laitteistolle tarkkuusvaatimuksen, että systemaattinen poikkeama saa olla enintään $\pm 5\%$ yli 10 matkustajan nousijamäärillä ja $\pm 8\%$ tätä pienemmillä nousijamäärillä. Tarkkuutta testattiin laitteiden käyttöönoton alussa, mitä käsitellään lisää kappaleessa 7.

Uusien laitteiden tuottaman tiedon yhteensopivuus HKL:ssä käytettyjen laskentamenetelmien kanssa on tärkeää, jotta suunnittelu- ja tutkimusprosessit sujuisivat jouhevasti.

6.2 Laitteiston kuvaus (HKL:n ratkaisu)

Uusi Dilaxin automaattinen matkustajalaskentalaite (APC) laskee matkustajat ajoneuvon oviaukon yläpuolelle asennettavien aktiivisten infrapunasensoreiden avulla. Matkustajamäärien lisäksi laitteesta saadaan tietoa etäisyyksistä, paikasta ajan funktiona ja ajoneuvon nopeudesta. Alla olevassa kuvassa (kuva 13) on esitetty tyypillinen asennusratkaisu. (Dilax 2008.)



Kuva 13 Ajoneuvoon asennettavan laitteiston tyypillinen asennusratkaisu (Dilax 2008).

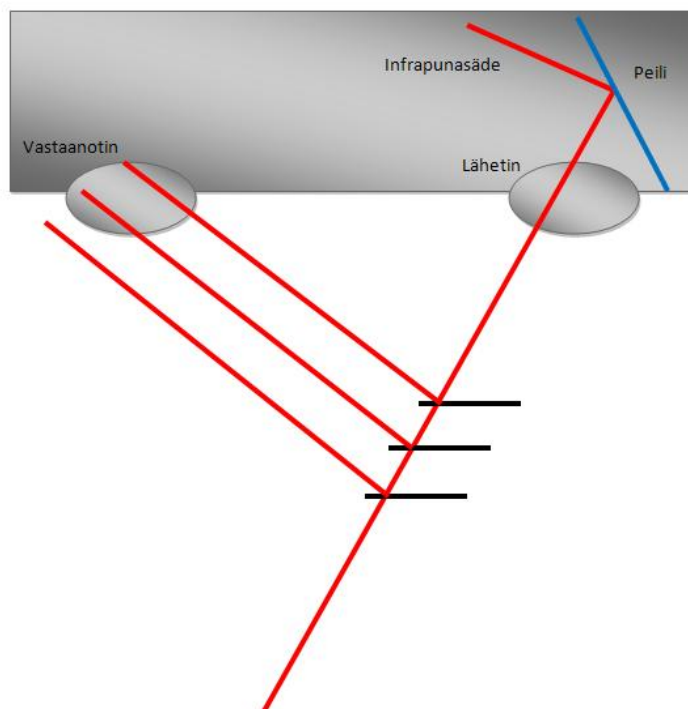
Ajoneuvon oviaukon yläpuolelle asennetaan sensorikappaleet, joissa on kaksi infrapunasäteitä lähettävää ja yksi säteet vastaanottava yksikkö (kuva 14). Matkustajien kulkusuunta määritetään säteiden heijastumisjärjestyksen perusteella. Jotta

tiedonkäsittelyssä käytettävä laskenta-algoritmi toimisi oikein, on sensoreiden oikea määrä ja asennus tärkeää, sillä kaikkien sensoreiden signaalit analysoidaan yhdessä. Sensorit täytyy asentaa aina suoraan linjaan.



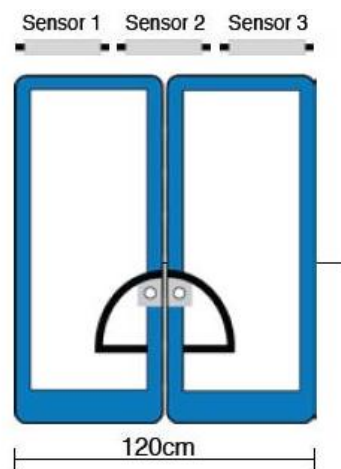
Kuva 14 Infrapunasensorit ajoneuvon oviaukossa (Dilax 2009a).

Infrapunasäteet säädetään yleensä noin 0,8-0,9 metrin päähän lattiasta. Säteen säätäminen tapahtuu käyttämällä peiliä sensoriyksikön sisällä. Infrapunasäde lähetetään peiliin, jonka kulmaa säätämällä säde lähtee eri kulmassa ja osuu matkustajaan. Osuttuaan säde heijastuu takaisin tiettyssä kulmassa ja kulmasta riippuu vastaanottaako sensori säteen. Kuvassa 15 on esitetty infrapunasäteen säätämisen periaate Dilaxin laitteessa. (Reetz 2010.)



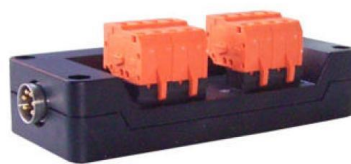
Kuva 15. Periaate infrapunasäteen havaitsemisetaisyyden säätämiseksi.

Asennettavien sensoreiden määrää riippuu oven leveydestä. Sensoreiden keskipisteen välinen etäisyys täytyy olla 350–380 mm, ja reunimmaisen sensorin etäisyys oviaukon kulmaan täytyy olla pienempi kuin 250 mm (*kuva 16*). Kun matkustaja kulkee oviaukosta, infrapunasäteet heijastuvat matkustajasta ja sensorit rekisteröivät matkustajan. Jos ovi on leveä ja kaksi vierekkäin kulkevaa matkustajaa on tarpeen erottaa toisistaan, tarvitaan sensoreita oviaukkoon vähintään kolme. Kapeisiin oviaukkoihin, joista ei mahdu kuin yksi matkustaja kerrallaan, riittää vähempi määrä. (Dilax 2007a).



Kuva 16 Infrapunasensorit 120 cm leveässä oviaukossa (Dilax 2007).

Ovikontakti on optinen liitin (*kuva 17*), jonka signaali osoittaa, onko yksittäinen ovi auki vai kiinni. Sitä käytetään rekisteröimään kaksi kytkentätilaa, jotka ovat On ja Off. Tällä varmistetaan, että matkustajia lasketaan vain ovien ollessa auki. Ovikontakti yhdistetään SSL-kaapeliin avulla oviseuraimeen. Ne ovat galvaanisesti eristettyjä ja sopivat sekä potentiaalivapaiden kontaktien että 12 V ja 24 V tasajännitteen kanssa. (Dilax 2007b.)



Kuva 17 Ovikontakti (Dilax 2008).

Oviseuraimien tehtävänä on kerätä signaalit infrapunasensoreilta ja ovikontaktilta (kuva 18). Oviseurain varastoi tietoa siitä, kuinka monta matkustajaa oviaukosta on kulkenut ja mihin suuntaan. Ajoneuvon lähtiessä pysäkkialueelta tiedot lähetetään eteenpäin keskusyksikölle, BBM-WEB/ETH:lle, joka analysoi ne. (Dilax 2008.)



Kuva 18 Oviseurain (Dilax 2008)

Ajoneuvon sisälle asennettu keskusyksikkö BBM-WEB/ETH (kuva 19) säätelee koko laitteiston toimintaa. Siihen on liitetty virtajohto sekä matkamittarin ja oviseuraimen signaalit. BBM-WEB/ETH laskee ja varastoi matkustajamääriä, kuljettua matkaa, nopeusprofiilia, pysäkille tulo- ja lähtöaikoja sekä pysähdysten paikkatietoa. Matkustajien vaihtoaika jokaisella pysäkillä rekisteröidään myös. Keskusyksikön kautta kaikkia APC:n ajoneuvossa olevia komponentteja voidaan ylläpitää, tarkastella ja kontrolloida tavallisen GSM-yhteyden kautta miltä tahansa Internet-yhteyden omaavalta tietokoneelta. Yhteys voidaan muodostaa myös manuaalisesti ristiinkytketyn sarja- tai Ethernet-kaapelin avulla kannettavaan tietokoneeseen. Keskusyksikköön on sisäänrakennettu GPS-vastaanotin ajoneuvon sijainnin määrittämiseksi pysäkeillä. Pysäkkien välillä sijainti saadaan edellisen pysäkin GPS-koordinaattien ja matkamittarin avulla. Matkamittarin tietojen avulla määritetään myös pysäkkialue, joka on 20 metriä pysäkin GPS-koordinaattien molemmin puolin. Varsinkin busseilla pysäkkialueen määrittäminen riittävän suureksi on tärkeää, sillä niiden pysähdyspaikka saattaa vaihdella esimerkiksi rakennustöiden vuoksi. Kello päivittyy automaattisesti ja jatkuvasti GPS:n kautta. (Dilax 2008.)

6.3 Asennuksen kulku HKL:n raitiovaunuihin

Varsinaista laitteiden asennusprojektia edelsi talvella 2009 Citec Oy:n toimesta tehty asennussuunnittelu. Asennussuunnitelman kuva on liitteenä 5.

Ennen Dilaxin tekemää asennustyötä kolmeen asennettavaan raitiovaunuun liitettiin matalalattiaväliosia keskelle (c-vaunu). Näin ennen kaksiosaisista raitiovaunuista tehtiin kolmeosaisia (kuva 21). Matalalattiaväliosian valmisti Verkehrindustrie Systeme GmbH (VIS), joka jo valmistuksen yhteydessä asensi matkustajalaskentalaitetta varten tulevat LAN-kaapelit. LAN-kaapelit tulivat kattorakenteen sisään c-vaunussa olevasta keskusyksikkökotelosta ensimmäiseen (a-vaunu) ja viimeiseen (b-vaunu) vaunuun päin. (Kokki 2009a.)



Kuva 21 Raitiovaunu, jossa matalalattiaväliosia keskellä.

Tämän jälkeen Dilaxilta toimitettiin HKL raitioliikenneyksikköön vaunujen nivelet ylittävät kaapelit suojaputkineen, jotka väliosian liittäminen yhteydessä asennettiin a- ja c-vaunun sekä b- ja c-vaunun väliin. Samoin HKL raitioliikenneyksikkö asensi a- ja b-vaunun LAN-kaapelit kattorakenteiden sisään. (Kokki 2009.)

Dilaxin suorittama asennustyö alkoi 4.5.2009 Vallilan raitiovaunuvarikolla ja kesti 1,5 viikkoa. Tuona aikana laskentalaitteiden sensoreita asennettiin portaallisten oviaukkojen yläpuolelle kaksi ja matalalattiaväliosian leveämpään oviaukkoon kolme.

Sensorien infrapunasäde säädettiin portaallisissa oviaukoissa (ovet 1, 2, 4 ja 5) 0,8 metrin päähän lattiasta ja matalalattiaväliosan oviaukossa (ovi 3) 0,9 metrin korkeudelle lattiasta (Reetz 2009b). Raitiovaunuihin asennettiin lisäksi keskusyksikkö BBM-WEB/ETH, ovikontaktit, oviseuraimet ja antennit katoille. Laskentasensorit asennettiin raitiovaunujen oviaukon yläpuolelle varta vasten tehdyissä koteloiden, jonne sensorit upotettiin. Myös GPS/GSM antennien asennusta varten tehtiin telineet.

Asennuksessa tuli esille joitakin ongelmia. Raitiovaunun matalalattiaväliosan oviaukon yläpuolella olevan kotelon sisälle oli HKL:n raitioliikenneyksikössä suunniteltu ilmastointilaitte. Tämä poikkesi asennussuunnitelman tekovaiheessa olleista tiedoista. Siksi suunniteltu laitteiston keskusyksikön asennuspaikka jouduttiin muuttamaan kotelon keskeltä sen sivulle. Tämä ei kuitenkaan aiheuta ongelmia laitteen toiminnan kannalta. Toinen poikkeama asennussuunnitelmaan tehtiin matalalattiaväliosan laskentasensoreiden määrässä. Asennussuunnitelmassa matalalattiaosan leveämpään oviaukkoon sensoreita oli ajateltu neljä kappaletta, mutta sensoreita laitettiin vain kolme. Dilaxin insinöörin mielestä se kuitenkin riittää luotettavan tuloksen saamiseen (Reetz 2009a).

Suurimpana ongelmana laitteen toiminnan testauksessa oli se, että GSM-yhteyttä ei saatu toimimaan kunnolla. Laitteen tulisi lähettää keräämänsä tiedot GSM-yhteyden kautta FTP-palvelimelle sekä virheilmoitukset sähköpostiin laitteen pääkäyttäjille ja Dilaxille. Virheilmoitukset tulivat kuitenkin harvoin perille. Ongelmaa selviteltiin, mutta ratkaisua ei asennusprojektin aikana löydetty. Myöhemmin tämä ongelma saatiin hoidettua Dilaxin ja SIM-kortin toimittaneen Elisan yhteistyöllä, minkä seurauksena Dilax muutti sähköpostin parametreja.

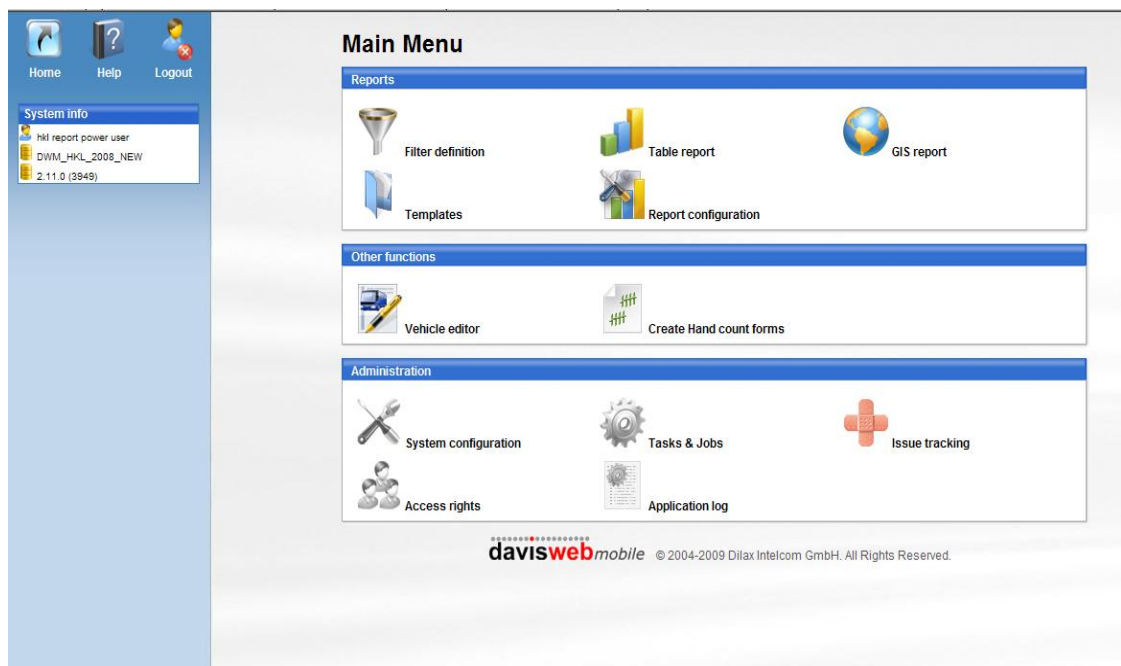
Kaksi raitiovaunua (nro 76 ja 86) saatiin täysin valmiiksi, testattiin ja kaikki signaalit toimivat. Ne alkoivat liikennöidä kesäkuun aikana. Kolmannesta raitiovaunusta (nro 101) jäi vielä tuolloin puuttumaan kaapelit, mutta syyskuun alussa sekin saatiin liikenteeseen.

6.4 Tietokanta ja raportointityökalu DavisWeb Mobile

6.4.1 Tietokanta

Dilaxin automaattiseen matkustajalaskentalaitejärjestelmään kuuluu edellisessä kappaleessa tarkastellun ajoneuvon laitteiston lisäksi tietokanta- ja raportointisovellus

DavisWeb Mobile (kuva 22). Davisweb toimii alustana, joka hallinnoi matkustajalaskentaa ja matka-analyysitietoja. Se automaattisesti tuo, käsittelee ja varastoi joukkoliikennevälineissä hankittua tietoa ja sovittaa sen sopivaan aikataulu- ja linjastotietoon. Palvelun avulla on pyritty automatisoimaan kaikki tiedonkäsittelyn rutiinitehtävät, jotka yleensä ovat vieneet käyttäjältä paljon aikaa. Sovelluksen avulla matkustajamäärät voidaan yhdistää monenlaisen tiedon kanssa, tulostaa Excel-muotoisia raportteja ja luoda niistä kuvaajia. DavisWebiä pääsee käyttämään tunnuksilla miltä tahansa Internet-yhteyden omaavalta tietokoneelta. (Dilax 2008.)



Kuva 22 Kuva DavisWebin aloitusnäköymästä (Dilax 2009b)

Ajoneuvoissa kerätty raakatieto siirtyy ajoneuvojen keskusyksiköiltä GSM-yhteyden kautta FTP-palvelimelle. Sieltä komentokielen lause kopioi tiedot Davisweb-serverille, josta se tuodaan SQL-tietokantaan. Tietokannassa Dilax liittää tiedot sopivaan linjaan ja aikatauluun sekä tekee kerätyille tiedoille virhesuodatuksia ja tilastolliset tarkastelut. Davisweb mobileen on ohjelmoitu sääntöjä virheellisen tai liian huonolaatuisen mittausdatan hylkäämiseen. Yksittäinen lähtö hylätään automaattisesti, jos laite huomaa mittauksessa jotain vikaa. Hylkäämisperusteita ovat (Engel 2009):

- 1) Tapauskohtaisesti järjestelmän hallintohenkilöstö voi hylätä epäilyttävää tietoa.
- 2) Mahdoton ajoneuvon nopeus – tarkistetaan tietojen yhteensovittamisen jälkeen.

- 3) Nousijoiden ja poistujien määrät eivät täsmää – tarkistetaan tietojen yhteensovittamisen jälkeen.
- 4) Tuntematon kuormitus ensimmäisellä pysäkillä – tarkistetaan tietojen yhteensovittamisen jälkeen.
- 5) Aikataulun poikkeama – ongelma aikataulutietojen yhteensovittamisessa raakatiedon kanssa.
- 6) Järjestelmävirheet laitteistossa – laitteisto aiheuttaa ongelmia. Esimerkiksi toinen sensori ei toimi.
- 7) Energiakatkot laitteistossa – laitteisto aiheuttaa ongelmia.

Käyttäjä HKL ei pääse poistamaan yksittäisiä lähtöjä, vaan huomatuista ongelmista täytyy olla yhteydessä Dilaxiin. Osaa hylätyistä tiedoista ja siihen johtaneita syitä pääsee kuitenkin haluttaessa tarkastelemaan Daviswebistä. (Karsch 2009.)

Reittien tunnistaminen tapahtuu siten, että kerätty paikannusdata pyritään yhteensovittamaan Joukkoliikennerekisterin (JORE) reittikuvausten ja pysäkkikoordinaattien kanssa. Dilaxilla on yhteys palvelimelle, jossa on aina uusin poimintapaketti JOREsta. Poiminta JORE:sta suoritetaan aina maanantain ja tiistain välisenä yönä. Muun muassa pääkaupunkiseudun Reittiopas ja Omat lähdöt -palvelu käyttävät JORE:n tietoja. Virhe- ja poikkeustilanteissa poimintoja tehdään useamminkin. Aivan kaikkia poikkeusaikatauluja ei järjestelmään kuitenkaan syötetä. (Muotka 2009.)

Raakadatan yhdistämisessä parametreina käytetään:

- pysäkkien GPS-koordinaatteja,
- pysäkkien välistä etäisyyttä sekä
- lähtö- ja saapumisaikoja (Engel 2009).

GPS-tieto on kuitenkin paras tietojen yhteensovittamiseen. Tämä siksi, koska voidaan luottaa, että pysäkki todella sijaitsee 20 metrin päässä laitteiden paikantamasta pysähdyskohdasta. Edellyttäen, että annetut pysäkkikoordinaatit pitävät paikkansa (Karsch 2009.)

Tunnistaminen tapahtuu pysäkki kerrallaan edeten, ja etenkin keskustasta lähdetessä reittivaihtoja on useita, sillä monet linjat käyttävät samoja reittejä. Kauemmas edetessä valikoima harvenee, mutta samalla harvenee pysäkeillä käynnit, mikä vaikeuttaa oikean reitin löytämistä. Pysäkkikoordinaattien tarkkuus on avainasemassa. Kuitenkin tällä hetkellä Dilaxille toimitetut koordinaatit eivät ole kovin tarkkoja. Lokakuun loppuun mennessä uudet tarkemmat koordinaatit pitäisi saada

käyttöön, mikä luultavasti helpottaa yhteensovittamista. Yhteensovittaminen voitaisiin tehdä myös Dilaxille jälkikäteen lähetettävien lähtöketjujen perusteella. Ne kertoisivat, millä linjoilla ja missä lähdöissä laskenta-ajoneuvot ovat olleet. Toistaiseksi Dilax ei tätä tapaa ole käyttänyt. Matkustajalaskentatietojen pitäisi tulla Davisweb -sovellukseen asiakkaan käytettäväksi enintään kuukauden viiveellä tapahtumasta (Dilax 2009c; Muotka 2009.)

6.4.2 Raporttien luominen Daviswebissä

Käyttäjän on mahdollista luoda raportit alusta alkaen itse Daviswebissä, jolloin sovelluksessa ensimmäiseksi valitaan suodattimet. Suodattimia ovat muun muassa aikajaksojen valinta, linja, suunta ja ajoneuvo. Kaikkia suodattimia ei ole pakko käyttää eikä mitään tiettyä linjaa ole pakko valita. Suodatuksen jälkeen käyttäjä siirtyy valitsemaan haluamansa Excel-raportin. Tässä vaiheessa valitaan raportin rivien ja sarakkeiden tiedot. Valinnat voidaan tehdä hyvin vapaasti, ja siksi käyttäjän täytyy tietää millaisen raportin haluaa. Sovelluksesta on esimerkiksi mahdollista tulostaa monen linjan yhden pysäkin tiedot. Käytön nopeuttamiseksi käyttäjä voi luoda valmiita raporttipohjia, joissa suodattimet on jo valittu. Niitä käytettäessä siirrytään suoraan rivien ja sarakkeiden tietojen valintaan, mutta myös takaisinpäin paluu suodattimiin on mahdollista. Koska Daviswebiä käytetään Internetissä, on raporttien luominen kohtalaisen hidasta ja varsinkin suodattimien valitseminen kestää.

Kaikkeen laskentalaitteiden keräämään tietoon Daviswebistä ei pääse käsiksi, sillä laadultaan hyvin huonoja lähtöjä Dilax ei sinne julkaise. Suodattimista pystyy silti hieman säätämään, minkä tasoista tietoa haluaa tarkastella. Tämän valinnan nimi on laatutaso (quality level), ja sen asteikko on 0–100, jossa arvolla 0 on laadultaan parasta tietoa. Laatutaso kuvaa laskentajärjestelmän tarkkuutta vertaamalla nousijoiden ja poistujien määrää tarkastellulla lähdöllä. Se on määritetty siten, että ajoneuvon oletetaan olevan tyhjä lähdön alussa, ja että se tyhjenee kokonaan päätepysäkillä. Tapauksessa, jossa nousujen ja poistumisten summa on suurempi tai yhtä suuri kuin 50, laatutaso lasketaan kaavalla:

$$\text{Laatutaso} = 100 * \frac{\text{abs (nousut - poistumiset)}}{\text{nousut} + \text{poistumiset}}$$

Tapauksessa, jossa nousujen ja poistumisten summa on vähemmän kuin 50 kaava:

$$\text{Laatutaso} = 2 * \text{abs}(\text{nousut} - \text{poistumiset})$$

Laatutason arvo nolla ei pelkästään takaa tiedon luotettavuutta. Sen sijaan laatutason arvoa voidaan pitää virheindikaattorina. Sen suuresta arvosta voidaan päätellä, että jotain on todella vialla. Vika voi olla esimerkiksi väärin säädetyissä sensoreissa tai muussa laitteistossa. Dilaxin kokemuksen mukaan arvon tulisi olla välillä 0-10. (Dilax 2009d.)

Tällä hetkellä osa laitteiden laskemista raitiolinjojen lähdöistä luokitellaan laatutasoltaan heikoiksi, koska kuormitukset ovat miinusmerkkisiä. Kuormitusten miinusmerkkisyys johtuu raitioliikenteen niin kutsuttujen rengaslinjojen käsittelystä tietokannassa. Linjat 3B, 3T, 7A ja 7B kulkevat ”rengasta” koko ajan yhteen suuntaan, jolloin matkustajia jää kyytiin päätepysäkillä, joka on laitteen tarkistuspiste. Myös linjan 9 reitin toisessa päässä matkustajia jää kyytiin. Jos laskentalaitteen arvot nollataan, kuten tällä hetkellä tehdään, nämä matkustajat hukataan ja kuormituksesta tulee negatiivisia, kun poistujia onkin enemmän kuin nousijoita. Myös linjat 6 ja 8 ovat tavallaan tällaisia, sillä yhdellä vaunun vuorolla vuorottelevat linja 6 ja 8. Niillä on yhteinen päätepysäkki Arabiassa, jossa linjan tunnus vaihdetaan. Näiden linjojen kohdalla lukujen nollaus ei välttämättä ole paras ratkaisu. Varikolle tultaessa luvut tulisi tietysti nollata. Tähän ongelmaan Dilax ei vielä ole löytänyt ratkaisua, vaikka mahdotonta sen ei pitäisi olla. Aiemmin käytössä olleessa ATR-laskentajärjestelmässäkkin kuormitusten määrittäminen onnistui.

Muutoin ATR:n raportointisovellukseen ATR reportiin (*kuva 23*) verrattuna Davisweb on monipuolisempi, sillä erilaisia raporttivaihtoehtoja on lukemattomia, vaikkakaan kaikki valinnat eivät ole järkeviä. Daviswebiä käyttäessä tulisikin tarkasti tietää, mitä tietoja raportteihin haluaa. ATR report -sovelluksessa pystyi tekemään raportteja vain yhdestä linjasta kerrallaan ja etukäteen täytyi tietää, miltä ajanjaksolta kultakin linjalta tuloksia löytyi. ATR report -sovelluksen käyttö oli tehty yksinkertaisesti luomalla valmiita raporttipohjia, joiden muokkaaminen oli helppoa, mutta valmiit raporttipohjat rajoittavat raporttien ulkoasumahdollisuuksia. Daviswebissä käyttäjä sen sijaan saa itse tehdä sellaisia raporttimalleja kuin haluaa. Kun valmiit mallit on luotu, käyttö helpottuu ja nopeutuu. ATR report -sovellus ei käyttänyt Internetiä, mikä selvästi nopeutti ATR reportin toimintaa verrattuna Daviswebbiin, mutta

uusimmat raportit täytyi tietokantaan ladata aina itse. Silti Davisweb on hitaampi kuin ATR report -sovellus Internetin ja lukuisien raporttivaihtojen vuoksi.

ATR:n raportointisovellus oli kehitetty Tukholman liikennelaitoksen tarpeita varten. Kehitystyön olivat tehneet ihmiset, jotka ennen työskentelivät itsekin liikennelaitoksessa. Siten he tiesivät tarkkaan, mitä tietoa liikennesuunnittelijat ja -tutkijat tarvitsevat ja osasivat tämän perusteella luoda toimivia raportointipohjia sovellukseen. Luultavasti siksi ATR report -sovelluksen käyttö oli helppoa. ATR:n mallien pohjalta Dilax yritti myös luoda valmiita mallipohjia Daviswebbiin, mutta ne eivät olleet halutunlaisia.

ATR Report - [1. Individual departures]

File Windows Reports Select Database Help

Functions in ATR Report

- Reports
 - 1. Individual departures
 - 2. By stop and departure
 - 3. By stop
 - 4. By departure
 - 5. Time range summary
 - 6. Individual stops
 - 7. Journeys, p-km and average len
 - 9. Low/high load sections
 - M. Max load
 - K. Driving times sections
 - V. Variants

Route: **10** No of trains, carriages or buses: 169

Day group:

Description
Måndag - Fredag
Måndag - Torsdag
Fredagar
Lördagar
Sön- och helgdagar

From	To	Per	Ttp	Rsr
6.6.2005	5.8.2005	Q	Q1	V1
8.8.2005	2.6.2006	R	R1	V1
5.6.2006	11.8.2006	S	S1	V1
14.8.2006	1.6.2007	T	T1	V1
4.6.2007	10.8.2007	U	U1	V1
12.8.2007	30.5.2008	V	V1	V1
2.6.2008	8.8.2008	W	W1	AA
11.8.2008	29.5.2009	X	X1	AA

Date range:

12.8.2007	30.5.2008
-----------	-----------

Main direction:

- ☒ 1 TARKK AMPUJANKA - KORPPAANMÄKI
- ☐ 2 KORPPAANMÄKI - TARKK AMPUJANKA

Dep	C	Start Stop	End Stop	Obsv	V-No	Dis
05:46	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	0	1	
05:55	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	0	1	
06:00	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	2	1	
06:05	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	0	1	
06:14	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	1	1	
06:21	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	0	1	
06:23	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	2	1	
06:32	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	2	1	
06:42	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	2	1	
06:50	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	2	1	
06:54	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	3	1	
06:58	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	1	1	
07:08	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	1	1	
07:18	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	2	1	
07:27	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	2	1	
07:28	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	0	1	
07:32	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	2	1	
07:37	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	2	1	
07:38	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	0	1	
07:42	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	2	1	
07:47	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	2	1	
07:52	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	3	1	
07:57	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	1	1	
08:02	0	Tarkk ampujanka	Korppaanmäki	4	1	

☒ Show no of obsv

Screen OK

TRNG

Kuva 23 ATR report -sovellus.

7 HKL:N RAITIOVAUNUJEN LASKENTALAITTEIDEN VIRHETARKASTELUT

7.1 APC-järjestelmän tarkkuuden vertaaminen käsinlaskentoihin

7.1.1 Tarkastelujen periaatteet

Kahdelle matkustajalaskentalaitteelliselle raitiovaunulle suoritettiin matkustajamäärien käsinlaskennat elo- ja syyskuussa 2009. Käsinlaskennan arvoja verrattiin matkustajalaskentajärjestelmän laskemiin arvoihin. Testauksen pääasiallinen tarkoitus oli tarkistaa, että laitteet täyttävät tarjouspyynnössä määritetyt vähimmäisvaatimukset.

Manuaalilaskentoja tehtiin kummallekin vaunulle yhtenä päivänä. Laskentojen ajankohdiksi valittiin aamuruuhkat, jotta otokseen saatiin myös suuria kuormituksia. Linjojen valintaan ei kiinnitetty sen enempää huomiota, vaan laskenta suoritettiin niiltä linjoilta, joissa laskentavaunut liikennöivät suunniteltuina laskentapäivinä. Raitiovaunun jokaisen oven lähelle asettui yksi henkilö, joka kirjasi ylös nousevat ja poistuvat matkustajat. Lisäksi etummaisella ovella oleva merkitsi ylös pysäkillä tuloajan ja pysäkiltä lähtöajan. Jokaista laskijaa pyydettiin kirjaamaan ylös kaikki tilanteet, jotka voisivat aiheuttaa virhettä laitteiden laskentatulokseen.

Tarkastelun toteutusajankohtana matkustajalaskentajärjestelmän raportointi- ja tietokantasovellus ei vielä toiminut toivotulla tavalla. Muun muassa raakatiedon liittämässä aikataulu- ja linjastotietoon oli ongelmia. Myös rengaslinjojen kuormitukset olivat virheelliset. Raitiovaunujen virhetarkastelussa näiden ongelmien vaikutusta ei kuitenkaan havaittu, joten tarkastelun tuloksia voidaan pitää kohtuullisen luotettavina.

Vaunun 76 matkustajalaskenta suoritettiin keskiviikkona 19.8.2009 linjalta 3B suunnalta Olympialaituri–Eläintarha ja linjalta 3T suunnalta Eläintarha–Olympialaituri. Raitiolinjojen reittikartta on liitteessä 7. Käsinlaskenta aloitettiin kello 8:20 Eläintarhan pysäkiltä, joka on linjojen päätepysäkki ja lopetettiin samalle pysäkillä kello 11:26. Lähtöjä otoksessa oli 6. Laskentatapahtumien otosmäärä, eli pysäkeille pysähdysten määrä, oli 114. Vaunun 86 manuaalilaskenta suoritettiin linjalta 7B torstaina 17.9.2009. Laskenta aloitettiin klo 7:29 Hakaniemen pysäkiltä ja päätettiin samalle pysäkillä klo 10:48. Lähtöjä otoksessa oli kahdeksan, mutta Dilaxin tekemien tilastollisten- ja

virhetarkastelujen jälkeen yhdestä lähdöstä ei saatu tuloksia. Laskentatapahtumien otosmäärä oli siten 111.

Virhetarkastelussa laitteiden mittaamaa pysäkin nousija- ja poistujamäärää (x) verrattiin käsinlaskennan matkustajamäärään (y) siten, että laskettiin laitteiden jokaisen mittauksen poikkeama ($x-y$) käsinlaskennan matkustajamäärästä (*taulukko 5*).

Taulukko 5 Virhetarkastelun laskelmien periaate.

Havainnot	Manuaalilaskennan matkustajamäärä	APC:n matkustajamäärä	Poikkeama $x-y$
1	y_1	x_1	$(x-y)_1$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
n	y_n	x_n	$(x-y)_n$
Yhteensä	$\sum y_i$	$\sum x_n$	$\sum (x-y)_n$

HKL:n kokemuksen mukaan suurilla kuormituksilla automaattisten matkustajalaskentajärjestelmien on haastavampaa laskea matkustajia, sillä vierekkäisiä matkustajia on vaikea rekisteröidä (Kokki 2009a). Tämän vuoksi HKL:n sopimukseen asettamat vaatimukset laitteen tarkkuudelle määriteltiin erikseen 1–10 ja yli 10 nousija- ja poistujamäärille. Sopimuksessa määriteltiin, että laitteiden avulla saatujen matkustajamäärien systemaattinen poikkeama 1–10 matkustajan nousija- ja poistujamäärillä saa olla enintään $\pm 8\%$ ja yli 10 matkustajan nousija/poistujamäärillä enintään $\pm 5\%$.

Tarkkuutta arvioitiin kahdessa osassa erikseen 1–10 matkustajan ja yli 10 matkustajan nousija-/poistujamäärähavainnoille. Lisäksi molempien vaunujen tulokset tarkasteltiin yhdessä ja erikseen, sillä laitteiden asennuksen onnistumisessa on voinut olla eroja. Havaintoaineistosta laskettiin poikkeamien summat, keskiarvot sekä keskihajonta. Poikkeamien summa ilmoittaa kokonaisnousija- ja poistujamäärien virheen ja kuvaa keskimääräisen virheen ohella laitteiden systemaattista virhettä. Sillä on suurin merkitys kokonaismatkustajamäärien laskennassa, ja yksittäisen lähdön tietoja tarkastellaankin harvoin. Poikkeamien summan perusteella laskettiin prosentuaalinen virhe. Positiivinen virheprosentti tarkoittaa sitä, että laite laskee matkustajia liikaa ja negatiivinen luku sitä, että liian vähän. Poikkeaman keskihajonta kuvaa poikkeaman

arvojen vaihtelua keskiarvon molemmin puolin. Suuri poikkeaman keskihajonta merkitsee sitä, että mittausarvoissa on paljon vaihtelua.

Lisäksi laskettiin kaikkien havaintojen, 1–10 ja yli 10 matkustajamäärähavainnoista poikkeamien itseisarvot (itseispoikkeamat). Itseispoikkeama ei ota kantaa, minkä suuntainen virhe on, ja siksi nousija- ja poistujahavaintoja voitiin käsitellä yhdessä. Keskimääräinen itseispoikkeama ilmoittaa yksittäisten mittaushavaintojen keskimääräisen virheen, joten se kuvaa laitteen yksittäisten mittausten luotettavuutta (Merin 1993). Tällä tunnusluvulla ei yleensä ole merkitystä, sillä harvoin tarkastellaan vain yhtä mittausta.

7.1.2 Virhetarkastelujen tulokset

Tarkastelun tulokset havainnoista, joissa matkustajia yhdellä pysäkillä nousi tai poistui 1–10, eivät täysin vastanneet ennakko-oletuksia (*taulukko 6 ja 7*). Oletuksena oli, että suuret matkustajamäärät olisivat vaativampia laskettavia, mutta saatu tulos ei vahvista tätä. Suurin keskimääräinen virhe oli pienemmillä nousija- ja poistujamäärillä. Vaunun 76 1–10 poistujan keskimääräinen virhe oli 7,9 %. Sopimukseen asetettu tarkkuusvaatimus täyttyi juuri ja juuri. Suuri virhe ei johdu edes muita vaativammista mittaustapahtumista, sillä laskijoiden kirjaamat kommentit eivät selittäneet kuin murto-osan näistä poikkeamista. Poikkeamia ei kuitenkaan sattunut enempää kuin muissakaan ryhmissä, mutta ne olivat pääasiassa positiivisia. Siten positiiviset ja negatiiviset poikkeamat eivät täysin ole kumonneet toisiaan poikkeamien summia laskettaessa.

Vaunun 86 vastaava arvo (1–10 poistujaa) oli 1,6 %, joka sen sijaan on hyvä tulos. 1–10 nousijahavaintojen tulos vaunun 76 kohdalla oli todella hyvä, sillä virhettä ei ollut lainkaan, vaikka yksittäisissä mittauksissa poikkeamia esiintyi (keskihajonta 0,6). Mutta koska tarkastellaan kokonaispoikkeamia, kumosivat positiiviset ja negatiiviset poikkeamat toisensa. Vaunun 86 1–10 nousijahavaintojen virhe oli -4,2 %.

Taulukko 6 Vaunujen 76 (linjalta 3B ja 3T) ja 86 (linjalta 7B) virhetarkastelut nousijoiden osalta.

Nousujen virhetarkastelut linjalta 3B/3T vaunusta 76 ja linjalta 7B vaunusta 86									
NOUSIJAT	N	MANUAALI-LASKENTA		APC LASKENTA		POIKKEAMA (x - y)			
		Σy	ka (y)	Σx	ka (x)	Σ	keski-arvo	keskihajonta	
1 - 10									
Vaunu 76	103	325	3,2	325	3,2	0	0,0 %	0,0	0,6
Vaunu 86	94	313	3,3	300	3,2	-13	-4,2 %	-0,1	0,7
yli 10									
Vaunu 76	11	182	16,5	176	16,0	-6	-3,3 %	-0,5	1,4
Vaunu 86	17	262	15,4	261	15,4	-1	-0,4 %	-0,1	1,2
YHTEENSÄ	225	1 082	4,8	1 062	4,7	-20	-1,8 %	-0,1	0,7

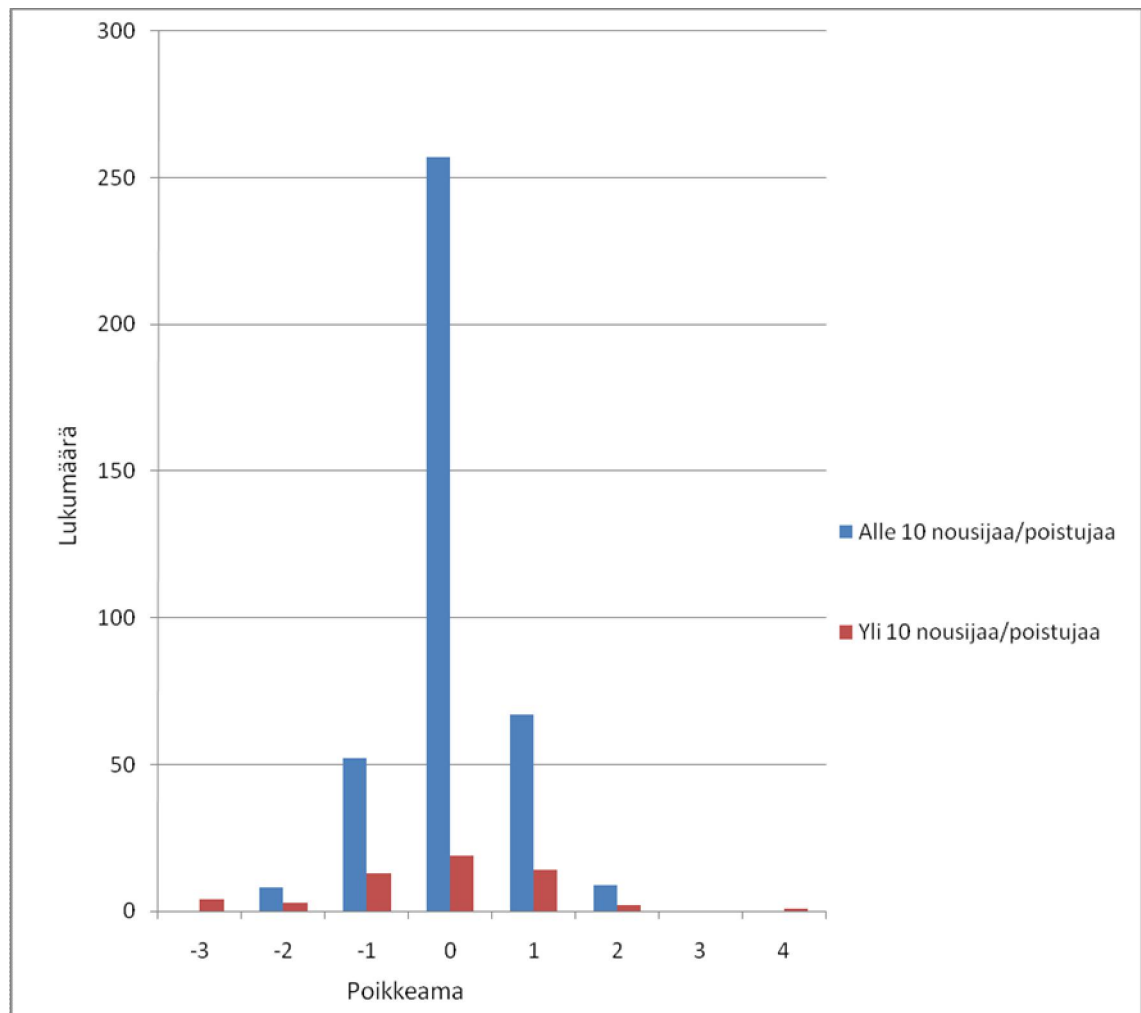
Taulukko 7 Vaunujen 76 ja 86 virhetarkastelut poistujien osalta

Poistumisten virhetarkastelut linjalta 3B/3T vaunusta 76 ja linjalta 7B vaunusta 86									
POISTUJAT	N	MANUAALI-LASKENTA		APC LASKENTA		POIKKEAMA (x - y)			
		Σy	ka (y)	Σx	ka (x)	Σ	keski-arvo	keskihajonta	
1 - 10									
Vaunu 76	101	316	3,1	341	3,4	25	7,9 %	0,2	0,7
Vaunu 86	95	309	3,3	314	3,3	5	1,6 %	0,1	0,8
yli 10									
Vaunu 76	12	171	14,3	163	13,6	-8	-4,7 %	-0,7	1,1
Vaunu 86	16	245	15,3	251	15,7	6	2,4 %	0,4	1,5
YHTEENSÄ	224	1 041	4,6	1 069	4,8	28	2,7 %	0,1	0,8

Yli 10 matkustajan nousijahavainnoissa virheet olivat -3,3 % (vaunu 76) ja -0,4 % (vaunu 86). Vastaavat luvut poistujahavainnoille olivat -4,7 % (vaunu 76) ja 2,4 % (vaunu 86). Kahden eri laskentavaunun tulosten välillä ei huomattu laitteiden vikoihin viittaavia eroja. Vaunun 76 osalta 1–10 ja vaunun 86 osalta yli 10 nousija-/poistujahavaintojen virhe oli suurin. Suurien ja pienien matkustajamäärien virheiden eroja tarkastellaan työssä myöhemmin lisää.

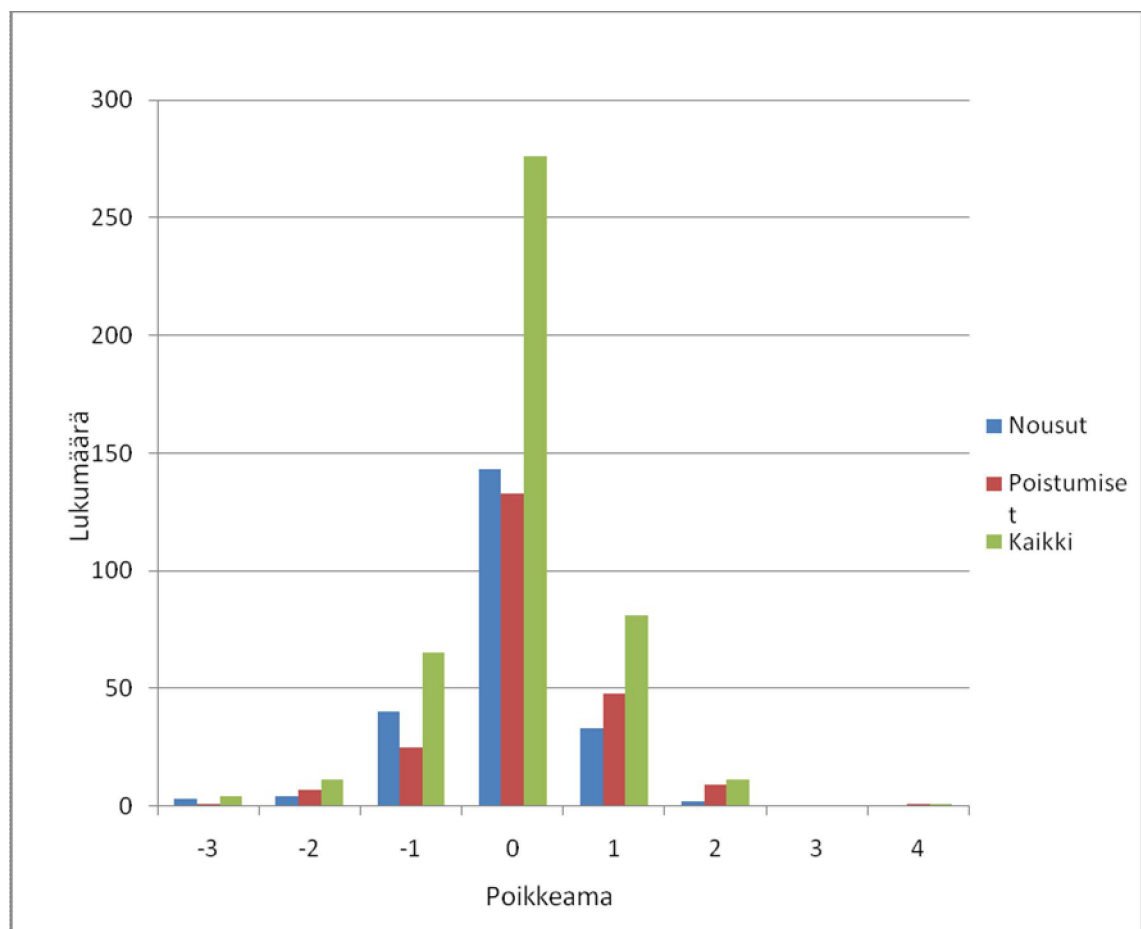
Poikkeamien keskihajonnan eli satunnaisvaihtelun merkitys mittaustarkkuuteen virhetarkastelussa oli 0,6–1,5 matkustajaa. Selvästi suurempi keskihajonta oli yli 10

matkustajan nousija- ja poistujahavainnoissa kuin 1–10 matkustajan. Tämä tarkoittaa sitä, että laitteiden laskiessa useampia matkustajia ovat yksittäiset poikkeamat suurempia. Kuvassa 24 on esitetty poikkeamien jakauma. Kuvaajassa on esitetty kaikkien tarkasteltujen otosten, 1–10 sekä yli 10 nousija-/poistujamäärämittausten poikkeamien jakautuminen. Jakauma näyttää normaalilta, sillä suurin osa havainnoista sijoittuu lähelle keskiarvoa. Huomataan, että suurimmassa osassa havaintoja ei poikkeamaa ole, tai se on vain ± 1 . Näin pitäisikin olla. Kuvaajaa tarkasteltaessa on huomioitava se, että havaintoja 1–10 nousijasta/poistujasta on huomattavasti enemmän. Tämä voi vaikuttaa tulosten luotettavuuteen ja on mahdollinen syy siihen, miksi pienten ja suurten matkustajamäärähavaintojen virheiden ero ei ollut suurempi ja päinvastainen kuin oletettiin.



Kuva 24 Poikkeamien jakaumat pienillä (≤ 10) ja suurilla (> 10) nousija-/poistujamäärillä.

Tarkastelussa laitteen *nousijoiden ja poistujien* keskimääräisen virheen suuruudessa ei ollut suurta eroa. Manuaalilaskennalla saatiin nousujen yhteissummaksi kaikista lähdöistä 1 082 matkustajaa, kun matkustajalaskentajärjestelmän laskema määrä oli 20 vähemmän, 1 062 nousijaa. Laitteen laskemien nousijoiden kokonaisvirhe oli -1,8 %. Poistujia matkustajalaskentalaite sen sijaan laski liikaa: manuaalilaskennan tulos oli 1 041 ja laitteen 1 069. Siten laite laski poistujia 28 kappaletta liikaa ja kokonaisvirhe oli 2,7 %. Poikkeamien keskiarvo oli nousijoiden osalta -0,1 ja poistujien 0,1. Keskihajonta on poistujien osalta hieman suurempi (0,8) kuin nousijoiden (0,7) eli poistujien poikkeamat ovat suurempia. Poikkeamien jakaumista (*kuva 25*) huomataan, että hieman useammin nousijoiden osalta poikkeamaa ei ole. Tulos viittaa siihen, että APC:n liian pieni kokonaisnousijamäärä johtuu ainakin osittain siitä, että negatiiviset yksittäiset poikkeamat ovat suurempia. Poistujien osalta positiiviset poikkeamat ovat useammin suurempia.



Kuva 25 Nousijoiden ja poistujien poikkeamien vertailu.

Näiden tulosten perusteella poistujien laskeminen laitteelle olisi vaativampaa. Poistujamittausten suuremmat poikkeamat on yllättävä tulos, sillä yleensä nousutilanteissa oviaukossa esiintyy enemmän häiriöitä. Esimerkiksi toiset matkustajat odottavat oviaukossa, kun kuljettajalta ostetaan lippua tai matkakorttia leimataan. Lastenvaunujen, pienten lasten ja koirien vaikutukset ovat kuitenkin samoja sekä noustessa että poistuessa. Tulokseen saattaa vaikuttaa Dilaxin käyttämä laskenta-algoritmi. Tulos voi olla myös sattumaa ja toisessa tarkastelussa kävisikin toisin päin. Kuitenkaan virheiden itseisarvojen ero ei ole suuri.

Nousujen ja poistumisten virhe on erisuuntainen: nousijoita laite rekisteröi liian vähän ja poistujia liikaa. Koska laite laskee liian vähän nousijoita ja liian paljon poistujia, määritettävästä kuormituksesta tulee lopulta negatiivinen ja matkustajakilometrejä jää puuttumaan. Saatu tulos ei ole ainutkertainen, sillä myös muissa APC-järjestelmille tehdyissä virhetarkasteluissa virheet ovat samansuuntaiset (Strathman ja Kimpel 2005). Syytä voidaan vain arvailla, sillä virhetarkasteluun käytettyjä laitteen arvoja on jo korjattu tilastollisilla tarkasteluilla. Kumara asento noustessa voi olla yksi tekijä, miksi nousuja jää rekisteröitymättä. Luultavasti nousevat matkustajat myös kiirehtivät noustessa saadakseen istumapaikan ja nousevat siksi rinnakkain muiden kanssa. Ehkä poistuessa maltetaan odottaa paremmin omaa vuoroa ja annetaan muillekin tilaa. Rinnakkain kulkevien matkustajien laskeminen on tunnetusti laitteille hankalaa. Poistujien liiallinen rekisteröiminen on sen sijaan mysteeri. Tähän virheeseen tulisi suhtautua vakavasti, koska linjojen kuormitukset ovat tärkeä suunnittelun työkalu. Seikka tulisi huomioida viimeistään raakatiedon virhetarkasteluissa. Jos virheitä haluttaisiin tarkastella tarkemmin, täytyisi jokaisen oven tuloksia tarkastella erikseen.

Laitteen yksittäisistä nousumittauksista suurin osa (63,6 %) täsmäsi manuaalilaskennan tulosten kanssa (*taulukko 8*). Virheellisistä mittauskerroista laite laski nousijoita useammin liian vähän (20,9 %) kuin liian paljon (15,6 %). Tämän perusteella voidaan todeta, että laitteen laskema liian pieni nousijamäärä koostuu sekä useammin tapahtuvista että suuremmista negatiivisista poikkeamista. Poistujien mittauksista 61 %:ssa täsmäsi manuaalilaskentojen luvun kanssa ja 14,7 %:ssa poistujien määrä oli pienempi ja 24,1 %:ssa suurempi. Poistujien summan negatiivisuus ei ainoastaan johtunut suuremmista positiivisista poikkeamista, vaan positiivisia poikkeamia sattuu myös useammin. Laitteen tekemät poikkeamat näyttäisivät sattuvan samalla tavalla sekä pienille (1–10) että suurille (>10) nousija- ja poistujamäärille.

Kuitenkaan kattavaa otosta pysäkeistä, joissa nousijoita tai poistujia olisi ollut yli 10, ei ollut. Yllättävää oli, että yksittäiset mittaukset täsmäsivät manuaalilaskennan kanssa lähes yhtä usein riippumatta siitä, laskettiinko nousijoita vai poistujia.

Taulukko 8 APC:n mittausten täsmäminen manuaalilaskennan tuloksia.

NOUSIJOIDEN / POISTUJIEN LUKUMÄÄRÄ	KPL PYSÄKKEJÄ, JOISSA:					
	APC:N NOUSUJEN MÄÄRÄ			APC:N POISTUJIEN MÄÄRÄ		
	Pienempi	Täsmää	Suurempi	Pienempi	Täsmää	Suurempi
1 - 10	36	135	26	24	126	46
> 10	11	8	9	9	11	8
Yht.	47	143	35	33	137	54
Osuus kaikista mittauksista	20,9 %	63,6 %	15,6 %	14,7 %	61,2 %	24,1 %

Tarkastelussa laitteen kaikkien (nousut ja poistumiset) yksittäisten mittausten keskimääräiseksi virheeksi (itseispoikkeama) saatiin 9,7 % (taulukko 9). Kaikista 2 123:sta nousija- ja poistujamittauksesta laite teki virheen 206:ssa. On syytä painottaa, että yksittäisellä mittauksella ei ole merkitystä liikennetutkimuksissa ja -suunnittelussa, vaan kokonaispoikkeamalla on suurin merkitys. Todellisessa tilanteessa laitteelta huomiotta jääneestä nousijasta johtuva virhe voi kompensoitua yhdellä liikaa lasketulla nousijalla toisella pysäkillä. Poikkeamien keskiarvo oli kuitenkin 0 matkustajaa, mikä kuvaa sitä, että yleensä virhettä ei tule.

Pienten ja suurten matkustajamäärähavaintojen virheissä ei aiemmassa tarkastelussa huomattu eroa. Yksittäisten mittausten tarkkuutta arvioitaessa erikseen 1–10 ja yli 10 matkustajan havainnoille huomataan, että pienillä matkustajamäärillä virhe on itseasiassa suurempi (taulukko 9). Yksittäisen mittauksen virhe 1–10 matkustajan havainnoille on 12,1 % ja yli 10 matkustajan 6,2 %. Poikkeaman keskiarvo on sen sijaan suurempi yli 10 (0,9) kuin 1–10 nousija- ja poistujamäärillä (0,4). Suuremmilla matkustajamäärillä yksittäiset poikkeamat ovat keskimäärin suurempia kuin pienemmillä, mutta niitä sattuu suhteessa harvemmin. Tulosta selittää se, että yli 10 matkustajan nousuja/poistumisia oli otoksessa vain 56 kappaletta, joka on huomattavasti vähemmän kuin alle 10 matkustajan havaintoja (393 kpl). Laskijoiden kirjaamista kommenteista kävi ilmi, että tähän pieneen otokseen ei sattunut yhtä paljon haastavia mittaustilanteita (esim. lastenvaunuja tai pieniä lapsia) kuin pienempien matkustajamäärien otokseen. On toki laskijakohtaista, millaiset nousu- ja poistumistilanteet on koettu laitteille haasteelliseksi. Tämän tuloksen perusteella vaikuttaisi siltä, että mittaustarkkuus riippuu muista tekijöistä kuin matkustajamäärästä.

Taulukko 9 Pienien ja suurien nousija- ja poistujamäärien virheiden vertailu.

MATKUSTAJI A	N	MANUAALI -LASKENTA		APC LASKENTA		POIKKEAMAN ITSEISARVO x - y			
		Σy	ka (y)	Σx	ka (x)	Σ	keski- arvo	keski- hajont a	
1 - 10	393	1 263	3,2	1 280	3,3	153	12,1 %	0,4	0,7
Yli 10	56	860	15,4	851	15,2	53	6,2 %	0,9	1,3
Kaikki	449	2 123	5	2 131	5	206	9,7 %	0	1

Todennäköisyyslaskun keskeisen raja-arvolauseen perusteella mitä tahansa jakaumaa noudattavan satunnaismuuttujan keskiarvoa voidaan pitää likimain normaalijakautuneena, jos keskiarvo on usean satunnaismuuttujan keskiarvo. Tässä tapauksessa havaintoja on tarpeeksi, jotta voidaan laskea 95 %:n luottamusvälit poikkeamien odotusarvoille. 95 %:n varmuus on yleisesti käytetty. Luottamusvälit μ luottamustasolla 95 % saadaan kaavasta (Mellin 2004):

$$(\bar{X} - t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}, \bar{X} + t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}})$$

jossa

\bar{X} = havaintojen aritmeettinen keskiarvo

S = keskihajonta

n = havaintojen lukumäärä

$-t_{\alpha/2}, +t_{\alpha/2}$ = luottamustasoon $(1 - \alpha)$ liittyvät luottamuskertoimet t
- jakaumasta vapausastein $(n - 1)$

Tässä tapauksessa siis $\alpha = 1 - 0,95 = 0,05$.

Nousijoiden poikkeaman 95 %:n luottamusväleiksi saadaan $-0,2 < x < 0$. Ja poistujien luottamusväleiksi $0 < x < 0,2$. Toisin sanoen 95 % todennäköisyydellä nousijoita laskettaessa laitteen keskimääräinen virhe on välillä $[-0,2, 0]$ ja poistujia laskettaessa välillä $[0, 0,2]$ matkustajaa mittausta kohden. Tarkkuus on hyvä.

Virhetarkastelun tulokset täyttävät laitteelle sopimuksessa asetut tarkkuusvaatimukset. 1–10 hengen nousija-/poistujamäärillä virhe ei ollut yli vaadittua

± 8 %:ia, eikä myöskään yli kymmenen hengen nousija-/poistujamäärillä virhe ollut yli ± 5 %. Näiden tarkastelujen perusteella voidaan todeta, että laite on riittävän luotettava matkustajalaskentamenetelmä. Tuloksissa täytyy huomioida, että otoskoot varsinkin yli kymmenen matkustajan nousija-/poistujamäärillä ovat hyvin pieniä. Pienen otoskoon vuoksi tulokset eivät ole tilastollisesti kovin luotettavia. Otokoko oli kuitenkin riittävä HKL:n tarkoituksiin tarkistaa sopimuksessa asetetut vaatimukset. Virhetarkastelun toteutusajankohtana APC-järjestelmän käyttöönottoprosessi oli vielä kesken, ja tulevaisuudessa on odotettavissa, että Dilax vielä parantaa virhetarkasteluihin käyttämiään algoritmeja.

7.1.3 Mittaustarkkuuteen vaikuttavat tekijät

Infrapunailmaisimien säde on säädetty keskimmaisella ovella 0,9 metrin päähän lattiasta ja muilla ovilla 0,8 metrin päähän lattiasta. Tämä asettaa rajoituksensa matkustajien laskemiselle: pienet lapset voivat jäädä säteen alle ja isot matkalaukut rekisteröityä virheellisesti matkustajiksi. Nousujen ja poistumisten rekisteröimisessä voi olla eroja johtuen matkustajien erilaisesta tavasta nousta ja poistua kyydistä. Laskijoita pyydettiin kirjaamaan ylös kaikki nousut ja poistumiset, jotka voisivat vaikeuttaa laskentalaitteen rekisteröintiä. Laskijat kirjasivat lomakkeisiin lastenvaunut, pienet lapset, isot matkalaukut ja tarpeettoman oleskelun raitiovaunun oviaukossa sen ollessa auki. Näitä huomioita verrattiin APC-järjestelmän tekemiin virheisiin (*taulukko 10*).

Taulukko 10 Mittaustarkkuuteen vaikuttavat tekijät.

Mahdollinen mittaustarkkuuteen vaikuttava tekijä:	Tapahtumia koko otoksessa	Mittaukseen vaikuttaneiden tapahtumien määrä	Vaikuttavuus
Matkalaukku	3	2	67 %
Lastenvaunut	10	3	30 %
Pienet lapset	8	6	75 %
Tarpeeton oleskelu oviaukossa	6	5	83 %
Koirat	0	0	-

Nousuja ja poistumisia, joissa matkustajalla oli mukanaan *suuri matkalaukku*, oli otoksessa kolme kappaletta. Painava matkalaukku saattaa vaikuttaa laitteen mittaustarkkuuteen varsinkin, jos se nostetaan ensin portaista ylös ja itse nousta vasta perässä. Kahden pysäkin (Rautatieasema ja Hakaniemi) kohdalla matkustajalaskentalaitteet olivat laskeneet yhden ylimääräisen matkustajan, kun matkalaukun kanssa kulkeva matkustaja kulki oviaukosta. Vaikuttaisi siltä, että suuri matkalaukku voi vaikuttaa laitteen laskentatulokseen. Luonnollisesti virheen mahdollisuus tällaisessa tilanteessa riippuu matkalaukusta ja nostotavasta: ylettyykö laukku säteeseen asti (0,8–0,9m), ja siitä jääkö matkustajan ja matkalaukun väliin rako.

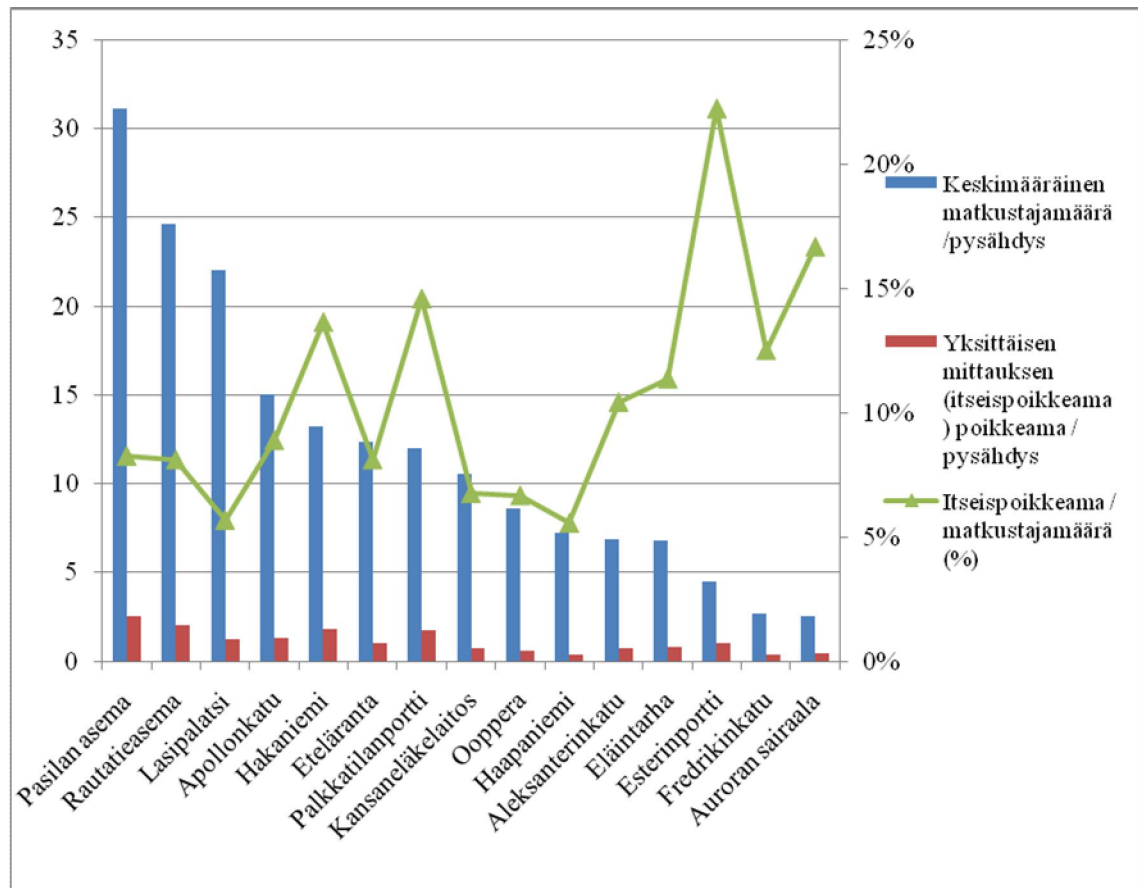
Lastenvaunuja tarkastelun otoksessa oli 10 kappaletta. Näistä kolmessa tilanteessa laite on saattanut rekisteröidä lastenvaunut yhdeksi ylimääräiseksi matkustajaksi, sillä järjestelmän arvoissa oli yksi ylimääräinen matkustaja. Kuitenkin neljässä tilanteessa laite laski matkustajamäärät oikein, vaikka lastenvaunut nousivat tai poistuivat kyydistä. Kolmessa tilanteessa laitteen tulos oli pienempi kuin oikea matkustajamäärä, mikä viittaa myös siihen, että lastenvaunuilla ei ollut merkitystä tulokseen. Pienien ja suurien matkustajamäärien välillä ei ollut eroja vaunujen laskemisessa. Virheen todennäköisyys riippuu siitä, jääkö lastenvaunujen työntäjän ja itse vaunujen väliin rako, jolloin laite saattaa laskea myös lastenvaunut matkustajaksi. Tuloksesta voi päätellä, että yleensä lastenvaunut eivät aiheuta virhettä lopulliseen laskentatulokseen.

Pienet lapset nousijoina tai poistujina voivat alittaa säteen ja siten jäädä laitteelta rekisteröimättä. Otoksessa oli kahdeksan pysähdystä, joissa nousijoina tai poistujina oli pieniä lapsia. Näistä kuudessa tapauksessa laitteen laskemat määrät olivat pienemmät kuin manuaalilaskennan. Poikkeaman arvo lisäksi täsmää lapsien määrään. Tulosten perusteella näyttää vahvasti siltä, että pienet lapset ovat ongelmallisia laskettavia matkustajalaskentalaitteelle.

Viidessä tapauksessa matkustajat ja yhdessä tapauksessa kuljettaja, jotka *oleskelivat tarpeettomasti oviaukossa* oven ollessa avoinna, aiheuttivat häiriötä. Näistä tapauksista viidessä APC-järjestelmän matkustajamäärä poikkesi manuaalilaskennan tuloksista eli oviaukossa oleskelu vaikuttaa mittaustulokseen. Se, että matkustajalaskentalaitte ei pysty erottamaan oikeita nousuja ja poistumisia muutoin oviaukossa olevasta henkilöstä on hyvin ymmärrettävää, sillä laite rekisteröi matkustajat vain säteen takaisin heijastumiskertojen perusteella.

Koiria ei tarkastelluissa lähdöissä ollut kyydissä lainkaan, mutta niillä olisi sama vaikutus kuin matkalaukuilla ja lastenvaunuilla, eli laite saattaa rekisteröidä ne matkustajaksi. Automaattisten matkustajalaskentalaitteiden valmistajat tietävät nämä virhetekijät, ja ne pyritään huomioimaan raakatiedon tilastollisissa- ja virhetarkasteluissa. Toisaalta turhat rekisteröinnit ja huomioimatta jääneet matkustajat voivat joskus kompensoida toisensa. Isot koirat, matkalaukut ja lastenvaunut vievät vähintään yhtä suuren tilan kuin oikeat matkustajat, ja ne saisivatkin tulla rekisteröidyksi.

Matkustajalaskentalaitteiden virheiden voisi olettaa osuvan samoille vilkkaille pysäkeille, joissa sekä poistujia että nousijoita on paljon. Aiemmin tehtyjen virhetarkastelujen perusteella tulokseksi kuitenkin saatiin, että suuret nousija-/poistujamäärät eivät lisää virhettä. 15 vilkkaan ja hiljaisemman pysäkin yksityiskohtaisempi tarkastelu (*kuva 26*) vahvistaa tämän. Suurimmat yksittäisten mittausten virheet eivät riipu siitä, kuinka paljon matkustajia nousee kyytiin tai siitä pois. Tarkastellun otoksen vilkkaimmat pysäkit ovat Pasilan asema, Rautatieasema ja Lasipalatsi. Kuitenkin suurin arvo poikkeamien itseisarvon ja matkustajamäärän suhteella on Esterinportin pysäkillä, joka ei ole vilkkaimmasta päästä. Tässä tarkastellaan vain yksittäisten mittaushavaintojen virhettä, jolla ei ole merkitystä kokonaismatkustajamäärien kannalta. Luvut on laskettu virhetarkastelun tietojen perusteella.



Kuva 26 Pysäkkien keskimääräinen matkustajamäärä, keskimääräinen yksittäisen mittauksen poikkeama (itseispoikkeama) sekä itseispoikkeaman suhde matkustajamäärään (%).

Tehdyn virhetarkastelun mittausvirheisiin on voinut vaikuttaa manuaalilaskennan virheet. Silti virhetarkastelussa manuaalilaskennan tuloksia on pidetty täysin oikeina. Näin ei kuitenkaan välttämättä ole johtuen inhimillisistä tekijöistä. Laskijoiden huomio saattaa herpaantua johtuen esimerkiksi väsymyksestä. Myös suuria nousija- ja poistujamääriä on vaikea laskea, ja ruuhkaisessa ajoneuvossa laskijan voi olla hankala nähdä ihmispaljouden läpi ovelle. Tulevaisuudessa voitaisiin harkita virhetarkastelua, jossa laitteiden tuloksia verrattaisiin videokamerakuvaan. Samalla pystyttäisiin havainnoimaan tarkemmin, millaisissa tilanteissa laitteiden virheet syntyvät.

Lisäksi tuloksia on voinut huonontaa se, että Dilaxin raportointisovelluksesta otettiin tarkasteluun mukaan lähtö, jonka laatutaso oli 11. Laatutaso kuvaa laskentajärjestelmän tarkkuutta tarkistamalla, että nousujen ja poistumisten määrä täsmää tarkastellulla lähdöllä. Tarkastellut linjat olivat rengaslinjoja, joiden kuormituksia Dilax ei ole vielä saanut määritettyä oikein. Tämä laatutasoltaan huono lähtö otettiin kuitenkin mukaan

virhetarkasteluun, sillä muuta poikkeavaa ei huomattu kuin, että kuormitukset olivat miinusmerkkisiä ja kuormituksia virhetarkastelussa ei käsitelty.

7.2 APC-järjestelmän tietojen vertaaminen muiden järjestelmien tietoihin

7.2.1 Periaatteet

Matkustajalaskentalaitteen tuottamat nousija- ja poistujamäärät ovat manuaalilaskentojen lisäksi luotettavin matkustajamäärien määrittäytapa. Tällä hetkellä (vuonna 2009) HKL:llä ei ole käytössä muita tapoja tarkistaa laitteiden matkustajamäärätietojen virheettömyyttä kuin manuaalilaskennat. Sen sijaan automaattisten matkustajalaskentalaitteiden yksi tärkein tavoite on määrittää korotuskertoimet matkakorttijärjestelmästä saataville bussilinjojen nousijamäärille. Tämän vuoksi matkakorttijärjestelmän matkustajalaskentalaitteen nousijamääriä verrataan. Raitiolinjojen osalta 2–3 kertaa kuukaudessa tehtävien poikkileikkauslaskentojen tuloksia verrataan APC-järjestelmän tuloksiin, ja siten nähdään, kuinka luotettavina poikkileikkauslaskentoja voidaan pitää.

Matka-aikatietoa kerätään tarkasti matkustajalaskentalaitteiden lisäksi matkakorttijärjestelmällä sekä HELMI-järjestelmällä. Näiden järjestelmien matka-aikatietoja verrataan APC-järjestelmän tietoihin, ja tällä tavalla tarkistetaan tietojen luotettavuus. Kaikki tarkastelut tehdään samalla periaatteella, jota käytettiin APC-järjestelmän ja manuaalilaskentojen vertailussa.

7.2.2 Matkakorttijärjestelmään vertaaminen

Matkakorttijärjestelmän tietojen laajentamiseen käytettävä korotuskerroin määritetään jokaiselle bussilinjalle erikseen siten, että matkakorttijärjestelmän nousijamäärää verrataan matkustajalaskentalaitteen vastaavan arvoon. Korotuskerroin on:

$$\text{matkakorttijärjestelmän virheprosentti} + 1$$

Taulukossa 11 on vertailtu matkakorttijärjestelmän ja matkustajalaskentalaitteen nousijamääriä linjoilta 64, 69 ja 75. Esimerkiksi linjan 75 korotuskerroin olisi siten: $1 + 0,21 = 1,21$. Raitiolinjojen osalta matkakorttijärjestelmän tietoihin ei voida luottaa

matkustajamäärien tilastoinnissa, sillä liian moni matkustaja jää rekisteröitymättä siihen. Matkakorttijärjestelmä on käytössä jokaisella linjalla, joten bussilinjoilta matkustajamääriä lasketaan korotuskertoimien avulla jatkuvasti.

Taulukko 11 Matkakorttijärjestelmän tietojen korotuskertoimien määrittäminen linjoilta 64, 69 ja 75.

Linja	N (lähtöjä)	Nousuja, APC		Nousuja, Matkakortti- järjestelmä		POIKKEAMA			
		Σy	ka (y)	Σx	ka (x)	Σ		keski- arvo	keski- hajonta
64	110	4 435	40,3	3 887	35,3	-661	-14,9 %	-6,0	5,2
69	249	11 497	46,2	9 351	37,6	-2 146	-18,7 %	-8,6	9,7
75	263	11 018	41,9	8 704	33,1	-2 314	-21,0 %	-8,8	7,6

Tämän tarkastelun perusteella matkakorttijärjestelmän ja matkustajalaskentalaitteen laskemien nousujen välillä on linjalla 64 -14,9 %:n, linjalla 69 -18,7 %:n ja linjalla 75 21 %:n ero. Pieni ero järjestelmien laskemien nousujen välillä kuuluukin olla, sillä kaikki matkustajat eivät rekisteröidy matkakorttijärjestelmään. Rekisteröitymättä jäävät esimerkiksi kertalipunvaihdolla matkustavat ja ne, joilla on oikeus matkustaa liputta, kun kuljettajat eivät ole rekisteröineet järjestelmään heitä käsin. Liityntälinjoilla matkakorttijärjestelmään rekisteröitymättä jää suuri osa matkustajista, sillä niillä toinen päätepysäkki on juna- tai metroasemalla. Matkustajien ei aseman päätepysäkillä tarvitse näyttää matkakorttia, ja bussiin voi nousta kaikista ovista. Tarkastellut linjat eivät kuitenkaan ole liityntälinjoja, ja muilla kuin liityntälinjoilla korotuskertoimet eivät kokemuksen mukaan voi olla yli 1,1 (Vihervuori 2009a). Nyt määritetyt korotuskertoimet ovat siis liian suuret eivätkä voi pitää paikkaansa. Tämän perusteella Daviswebin tiedot bussilinjojen osalta eivät ole vielä luotettavia. Periaate korotuskertoimien määrittämiselle on silti edellä esitetty.

Matka-aikatietojen tulisi täsmätä matkakortti- ja APC-järjestelmän välillä, sillä molempien kello päivittyy GPS:n avulla. Tätä tarkasteltiin bussilinjoilta 69 ja 75. Tulokset on esitetty taulukossa 12. Tarkastelussa APC-järjestelmän tietoja pidettiin oikeina, johon matkakorttijärjestelmän tietoja verrattiin. Tulokseksi saatiin, että

järjestelmien matka-aikojen ero linjalla 69 on vain 0,1 % ja linjalla 75 0,4 %. Tuloksen perusteella Daviswebin ja matkakorttijärjestelmän matka-aikatiedot täsmäävät hyvin toistensa kanssa ja niihin voidaan luottaa.

Taulukko 12 Matkustajalaskentalaitteen ja matkakorttijärjestelmän matka-aikojen (min) vertailu linjoilta 69 ja 75.

Linja	N (lähtöjä)	APC		Matkakortti- järjestelmä		POIKKEAMA			
		Σy	ka (y)	Σx	ka (x)	Σ		keski- arvo	keski- hajonta
69	107	4 777,73	44,7	4 772,90	44,6	-4,83	-0,1 %	-0,05	1,7
75	150	5 744,15	38,3	5 767,15	38,4	23,00	0,4 %	0,15	2,6

Tarkastelun yhteydessä paljastui kuitenkin toinen ongelma. Suurta osaa Daviswebin raportissa olevista linjojen lähdöistä ei löytynyt matkakorttijärjestelmän tiedoista. Linjalta 69 lähtöjä jäi puuttumaan 42,5 % ja linjalta 75 myös paljon, 31,5 %. Syy tähän voi olla, että APC-järjestelmässä on käytetty väärää aikatauluja raakatiedon liittämässä linjasto- ja aikataulutietoon, ja siten kaikkien lähtöjen ajat eivät täsmänneet. Molemmilla järjestelmillä on käytössään samat aikataulutiedot, mutta APC-järjestelmällä on ollut ongelmia tietojen liittämässä. Tämä tulos herättää epäilyksiä, ovatko muutkaan käytetyt tiedot ohjautuneet oikeille linjoille ja lähdöille. Toisaalta myös matkakorttijärjestelmän tiedoissa on toisinaan virheitä ja matka-aikojen vertailun hyvä tulos antaa syytä olettaa, että käytetyt tiedot ovat olleet oikeita. Tietojen liittämiseen käytettyä algoritmia on Dilaxilla parannettu koko matkustajalaskentalaitteen käyttöönottoprosessin ajan ja kehitys jatkuu edelleen.

7.2.3 HELMI-järjestelmään vertaaminen

Matkakorttijärjestelmän ja matkustajalaskentalaitteiden lisäksi matka-aikatietoja on mahdollista saada liikennevaloetus- ja matkustajainformaatiojärjestelmä HELMI:n kautta. HELMI-järjestelmä on käytössä 17 bussilinjalla ja kaikilla 12:a raitiovaununlinjalla. HELMI:n ja Daviswebin matka-aikatietoja verrattiin raitiolinjalla 4

aikavälillä 28.9.–5.10.2009 (taulukko 13). Tulos oli lähes yhtä lupaava kuin matkakorttijärjestelmään vertailtaessa.

Taulukko 13 Matkustajalaskentalaitteen ja HELMI –järjestelmän matka-aikatietojen vertaaminen linjalta 4 aikaväliltä 28.9-5.10.2009

N (lähtöjä)	DavisWeb		HELMi		POIKKEAMA			
	Σy	ka (y)	Σx	ka (x)	Σ	keski-arvo	keskihajonta	
98	3 255,72	33,2	3 192,65	32,6	-63,07	-1,9 %	-0,64	2,8

Daviswebin tietoja pidettiin vertailussa oikeina arvoina ja HELMI:n arvoja verrattiin siihen samalla, jo aiemmin käytetyllä, menetelmällä. Tulokseksi saatiin, että järjestelmien tietojen välinen virhe oli -1,9 %. Järjestelmien mittaamien matka-aikojen keskimääräinen poikkeama on -0,64 minuuttia eli -38 sekuntia. Tulos on hyvä ja vahvistaa aiemmin jo todettua, että matkustajalaskentalaitteen tuottamiin matka-aikatietoihin voidaan luottaa. Molempien järjestelmien tarkastellun aikavälin lähdöt vastasivat suurimmaksi osaksi toisiaan, toisin kuin matkakorttijärjestelmään verrattessa.

7.2.4 Raitiolinjojen poikkileikkauslaskentoihin vertaaminen

Matkustajalaskentalaitteiden kuormituksia verrattiin vielä raitiolinjoilta 2–3 kertaa kuukaudessa tehtäviin poikkileikkauslaskentoihin. Poikkileikkauslaskennat tehdään ulkoapäin arvioimalla, ja sitä suorittavilla henkilöillä on työstä pitkä kokemus. Näin saatuja kuormituksia pidetäänkin niin luotettavina kuin menetelmällä on mahdollista saada (Vihervuori 2009a). Laskentavaunu numero 76 liikennöi raitiolinjalla 10 syyskuussa 2009 niinä päivinä, jolloin poikkileikkauslaskentoja suoritettiin Töölön kisahallin laskentapisteessä. Laskentapäivät olivat tiistai 15., keskiviikko 16. ja maanantai 21.9.2009. Näiden päivien osalta tarkasteltiin matkustajalaskentalaitteen ja poikkileikkauslaskennan kuormitustietojen vastaavuutta (taulukko 14). Enempää tarkasteluja ei tässä vaiheessa ollut mahdollista tehdä, koska APC-järjestelmässä on ollut ongelmia kuormitusten määrittämisessä. Laite nolaa kuormitukset päätepysäkeillä, vaikka useilla linjoilla matkustajia jää kyytiin. Siten tarkastelut tehtiin linjoilta, joiden kuormitukset laskentalaitte tässä vaiheessa määritteli varmasti oikein eli 1/1A, 4/4T ja 10.

Poikkileikkauslaskentapäivät eivät kuitenkaan täsmänneet laskentavaunujen linjoilla olon kanssa kuin linjan 10 osalta.

Taulukko 14 Poikkileikkauslaskentojen vertaaminen matkustajalaskentalaiteen kuormituksiin linjalta 10.

N (lähtöjä)	APC		Poikkileikkaus- laskenta		POIKKEAMA			
	Σy	ka (y)	Σx	ka (x)	Σ		keski- arvo	keski- hajonta
27	955	35,37	968	35,85	13	1,36 %	0,48	12,84

Tarkastelun tuloksena poikkileikkauslaskennalla saadut kuormitukset erosivat matkustajalaskentalaiteen kuormituksista vain 1,36 % poikkileikkauslaskennalla saatujen kuormitusten ollessa hieman suurempia. Yksittäisten lähtöjen kohdalla kuormitukset eroavat paljon, sillä keskihajonta on 12,84, mutta kokonaisuuteen sillä ei ole vaikutusta. Vaikka poikkileikkauslaskennat tehdään vaunun ulkopuolelta käsin arvioimalla, ne ovat yllättävän tarkka matkustajalaskentamenetelmä. Tulevaisuudessa, kun matkustajalaskentalaitteiden tietoa on kertynyt enemmän, olisi vastaavia tarkasteluja hyvä tehdä vielä lisää.

7.2.5 ATR:ään vertaaminen

Lopuksi haluttiin yleispiirteisesti verrata uuden APC-järjestelmän tarkkuutta aiemman matkustajalaskentalaiteen ATR:n laskentatarkkuuteen. ATR:stä ei ollut olemassa dokumentteja suoritetuista virhetarkasteluista, ja ajoneuvoista laitteet oli jo purettu pois keväällä 2009. Mahdollisuuksia tarkkaan vertailuun ei siis ollut. ATR:n toimittajan mukaan laitteen tarkkuus oli kuitenkin 95 % ja HKL:llä tehtyjen tarkistuslaskentojen perusteella päästiin parempaan tarkkuuteen. Uuden laitteen tarkkuus näyttäisi olevan siis samaa luokkaa. Vanhan ja uuden laitteen tietojen pohjalta tehtyjä profiileja verrattiin toisiaan vastaavilta ajanjaksoilta. Näistä tarkasteluista voitiin todeta, että profiilit olivat yllättävänkin yhteneviä, vaikka niiden tiedot oli kerätty vuoden päässä toisistaan. Kuormitustiedot ATR sen sijaan onnistui määrittämään paremmin, sillä nykyisessä järjestelmässä niitä ei vielä rengaslinjojen osalta saada.

7.3 Päätelmät

Virhetarkastelun tulosten pohjalta voitiin tehdä johtopäätös, että uusien automaattisten matkustajalaskentalaitteiden tarkkuus raitiovaunujen osalta täyttää sopimuksessa asetetut vaatimukset. Tarkkuus on riittävä tutkimus- ja suunnitteluprosesseissa käytettäväksi.

Virhetarkastelun toteutusajankohtana tietokanta- ja raportointisovellus Davisweb ei vielä toiminut täysin toivotulla tavalla, mikä ilmeni muun muassa rengaslinjojen miinusmerkkisinä kuormituksina sekä raporteista löytyvinä kummallisina lähtöaikoina. Raitiolinjojen osalta matkustajamäärä- ja matka-aikatietoja voidaan muutoin jo käyttää tilastointiin ja suunnitteluun, mutta kuormitukset rengaslinjoilta ovat vielä virheellisiä. Vuoden 2002 profiileista ei voida kokonaan luopua ennen kuin rengaslinjoiltakin kuormitustiedot saadaan oikein.

Laite laski liian vähän nousijoita ja liian paljon poistujia. Ilmiö on tuttu muistakin APC-järjestelmistä. Syytä tähän ei tässä tarkastelussa löydetty, vaan syyn tutkimiseksi pitäisi tarkastella ovikohtaisesti laitteen tuloksia.

Bussilinjojen osalta matkustajamäärätiedot eivät vielä ole kovin luotettavia johtuen ongelmista raakatiedon liittämässä aikataulu- ja linjastotietoon. Kehitystyö on vielä kesken, ja siksi bussilinjoilta olisi syytä tehdä virhetarkastelu vielä myöhemmin. Ajoneuvoissa olevat laitteistot kuitenkin toimivat virheettömästi, mitä tällä virhetarkastelulla pääasiassa haluttiinkin tutkia.

8 KÄYTTÖÖNOTTO

8.1 Ylläpito

Matkustajalaskentalaitteiden ylläpidosta on huolehdittava, jotta laitteet tuottaisivat luotettavaa tietoa. Ylläpito koskee ajoneuvoissa olevien laskentalaitteiden lisäksi lähtötietoja.

Laskentalaitteiden huolto ja ylläpito vievät aikaa, vaikka laitteita ei ole kuin osassa kalustoa. Tähän asti ylläpidon ovat hoitaneet HKL:n tutkimustiimistä Esko Kokki ja YTV:n Ben Lindström, mutta laitteiden määrän kasvaessa ylläpidosta tulee entistä työläämpää. Laitteiden ylläpitoon ja huoltoon kuuluu laitteiden virheilmoitusten tai muutoin huomattujen vikojen tunnistaminen ja korjaaminen. Vika voi koskea itse laitteistoa tai bussin toimintoja. Bussin toimintojen korjaaminen ei laskentalaitteiden ylläpitoon luonnollisesti kuulu. Sensoreiden infrapunasäteiden säädöt on tarkistettava puolen vuoden välein, sillä jos säteiden havaintokulma on säädetty väärin, voi matkustajien kulkusuunnan tunnistamisessa tulla virheitä (Reetz 2009a). Samassa yhteydessä sensoreiden lasi pitää puhdistaa. Bussien infrapunasensorit likaantuvat helpommin ovesta kulkeutuvasta liasta, ja siksi niiden siisteydestä tulee huolehtia useammin kuin raitiovaunujen sensoreiden (Kokki 2009a). Ylläpito vaatii tulevaisuudessa paljon resursseja, minkä järjestämisen pohdinta on vielä kesken. Tärkeää kuitenkin on, että ylläpitoryhmä tuntee raitiovaunujen ja bussien tekniikan sekä matkustajalaskentalaittejärjestelmän toiminnot. Lisäksi laitteiden ylläpitoryhmän ja tiedon käyttäjien välillä on oltava hyvä keskusteluyhteys.

Lähtötietojen ylläpito tarkoittaa käytännössä sitä, että aikataulu- ja linjastotiedot ovat ajan tasalla ja Dilaxin käytettävissä. Dilaxin henkilökuntaa täytyy informoida mahdollisimman nopeasti linja- ja pysäkkimuutoksista. Myös pysäkkikoordinaattien tarkkuus vaikuttaa luotettavuuteen ja niitä tarkistettiin syksyllä 2009. Tällä hetkellä Dilax pääsee käsiksi aina uusimpaan, kerran viikossa päivitettävään, aikataulu- ja linjastotietoon. Ylläpito koskee siis myös Dilaxia siten, että he hakevat uusimmat tietopaketit ja informoivat ongelmista. Raportointimenetelmiä kannattaa kehittää jatkuvasti tutkijoiden ja suunnittelijoiden tarpeita kuunnellen.

Tärkeää tiedon luotettavuuden kannalta on verrata matkustajalaskentajärjestelmän tietoja pienimuotoisiin käsinlaskentoihin tai muun järjestelmän vastaavaan tietoon tietyin väliajoin. Tiedon jatkuva kriittinen arviointi on aina paikallaan, jotta ongelmat huomataan varhaisessa vaiheessa.

8.2 Laskenta-ajoneuvojen kierrätys

Matkustajamäärien ja matka-aikatietojen tuottamisessa täytyy kiinnittää huomiota järjestelmän toimivuuden lisäksi laskenta-ajoneuvojen kierrätykseen. Matkustajamäärätietoja tulisi saada kaikilta linjoilta, jokaiselta vuorokaudenajalta ja kaikilta päivätyypeiltä (arkipäivät, perjantai, lauantai ja sunnuntai). Tavallisesti arkipäiviksi luetaan vain päivät maanantaista torstaihin, sillä perjantaisin useilla linjoilla on jo poikkeavia aikatauluja. Maanantai-aamut sekä keskiviikko- ja torstai-illat olisi myös suositeltavaa saada mukaan ainakin raitiolinjojen otokseen, sillä näinä ajankohtina kuormitukset ovat muita iltoja suuremmat (Kokki 2009a). Kesäkuukaudet eivät anna todenmukaista kuvaa linjojen matkustajamääristä, joten minkään linjan otokset eivät saisi olla pelkästään kesältä. Kesäkuukausina pidetään aikaväliä, jolloin kesäaikataulut ovat voimassa eli yleensä kesäkuun alusta elokuun puoleen väliin (Vihervuori 2009a). Kierrätyksessä tulee huomioda myös ajoneuvojen huoltopäivät, joiden vuoksi laskenta-ajoneuvo ei voi olla joka päivä liikenteessä. Raitiovaunuille huoltopäiviä kannattaa laskea yksi jokaista viikkoa kohden, ja välillä vaunut ovat pidempiäkin aikoja huollossa (Kokki 2009a).

Tällä hetkellä laskentalaitteellisia raitiovaunuja on käytössä vain kolme, joten niiden kierrätys on täytynyt suunnitella tarkasti. HKL:n tutkimustiimissä vaunuille on tehty vuoroon sijoituslistat aina kuukaudeksi eteenpäin ja lähetetty eteenpäin raitioliikenneyksikön toteutettavaksi. Suunnitelmissa on laitettu etusijalle suunnittelijoiden toiveet ja linjat, joilta on vanhinta tietoa. Vuorot on valittu siten, että vaunu liikennöisi mahdollisimman tehokkaasti koko päivän eikä vain ruuhka-aikana. Myös maanantaiaamut sekä keskiviikko- ja torstai-illat on huomioitu valinnoissa. Yhtä vaunua on pidetty samalla linjalla 1–2 viikkoa.

Vuonna 2010 matkustajalaskentalaitteita asennetaan nykyisen kolmen lisäksi kymmenen kappaletta lisää. Tulevaisuudessa jokaiselle raitiolinjalle olisi oma laskentavaununsa ja lisäksi yksi vaunu varalle. Tulevaisuudessa on useimmiten tarpeen suunnitella vain, missä vuorossa laskentavaunut liikennöivät. Kierrätysuunnitelmaa

tehdessä tulee kuunnella suunnittelijoiden tarpeita ja tilastointia varten pitää huoli, että laskentatietoja tulee tasaisesti kaikilta päiviltä ja vuorokauden ajoilta. Raitiovaunujen vuoroon sijoittelu voidaan vastedeskin tehdä kuukausi kerrallaan tarkasti määritellen jokaiselle päivälle laskentavaunujen vuorot. Toinen vähemmän työtä vaativa vaihtoehto on listata jokaiselta linjalta päivätyypeille sopivia vuoroja, joissa raitioliikenneyksikkö sitten vaunuja kierrättäisi. Erikoistapauksissa vaunut voitaisiin erikseen pyytää muihin vuoroihin. Jos joltakin tietyltä linjalta halutaan tietoa laajemmin, useampia laskentavaunuja voidaan sijoittaa kyseiselle linjalle.

Bussien osalta kierrätys on vaikeampaa, sillä linjoja on enemmän ja laitteita suhteessa bussien lukumäärään huomattavasti vähemmän. Kierrättämistä vaikeuttaa lisäksi se, että bussit saattavat vaihtaa ajettavaa linjaa monesti päivässä toisin kuin yleensä samaa linjaa koko päivän ajavat raitiovaunut. Laskentalaitteellisia busseja on tällä hetkellä yhteensä 15 kappaletta (Helsingin sisäisessä liikenteessä kuusi ja seutuliikenteessä yhdeksän) mutta bussilinjoja on yhteensä 284, joten bussilinjoilta on mahdotonta saada jatkuvaa tietoa. Tällä hetkellä bussien liikennöitsijöille on annettu ohjeeksi kierrättää busseja mahdollisimman monipuolisesti eri linjoilla. Käytännössä on kuitenkin käynyt niin, että laskentabussit ovat kiertäneet samoja linjoja ja suurimmasta osasta linjoja ei ole saatu laskentatietoa lainkaan. Laskentabussit ovat olleet käytössä jo kohta kaksi vuotta eikä ongelma ole rakennut. Nousijamäärät on kuitenkin saatu jatkuvasti ja jokaiselta lähdöltä matkakorttijärjestelmän kautta. Poistujien laskeminen ei kuitenkaan ole ollut mahdollista, ja tästä johtuen bussien profiileja ei ole ollut mahdollista päivittää kuin manuaalilaskennoin.

Koska liikennöitsijät kierrättävät yhtä bussia samana päivänä usealla linjalla, vaihtelee laskentaotoksen saamiseen tarvittava aika. Harvemmin liikennöivältä linjalta ei voida vaatia yhtä suurta määrää havainnoituja lähtöjä kuin vilkkaasti liikennöivältä. Lisäksi APC-järjestelmän tarkkuus vaikuttaa tarvittavan otoksen kokoon. Järjestelmä ei onnistu saamaan tuloksia aivan kaikista laskenta-ajoneuvojen lähdöistä.

Liikennöitsijöiden panos on tärkein tekijä laskentabussien kierrätyksen onnistumisessa. Tulevaisuudessa liikennöitsijöille tulisi korostaa asian tärkeyttä, mihin yhtenä keinona olisi laittaa tuleviin liikennöintisopimuksiin tarkat vaatimukset laskenta-ajoneuvojen kierrätyksestä. Liikennöitsijät voisivat itse pitää kirjaa laskentabussien linjakierrosta ja seurata, että tuloksia tulee tasaisesti. Vaihtoehtoisesti heille voitaisiin toimittaa Daviswebistä tulostetut koontitaulukot, millä linjoilla liikennöitsijöiden

laskentabussit ovat olleet, ja mitkä linjat puuttuvat. Toistaiseksi tällaisten raporttien tulostaminen ei onnistu, sillä Daviswebissä on tietoja linjoista, joilla laskentabussin liikennöinnin pitäisi olla mahdotonta. Tämän vuoksi Daviswebin bussilinjojen tietoja ei voida pitää vielä luotettavina.

Liikennöitsijöille on toimitettu valmiit kierrätysuunnitelmat, mutta tähän asti liikennöitsijät eivät ole kierrätysuunnitelmia noudattaneet säästäten kustannuksia. Jotta kierrätys tällä tavalla saataisiin toimimaan, pitäisi liikennöitsijöiden ja suunnittelijoiden yhteistyötä tiivistää ja saada liikennöitsijät noudattamaan suunniteltua ajoneuvokiertoa, ainakin laskenta-ajoneuvojen osalta.

8.3 Raportointi

8.3.1 Tausta

Joukkoliikennesuunnittelu ja -tilastointi asettavat vaatimukset matkustajamäärä- ja matka-aikatietojen raportoinnille. Tämän vuoksi HKL:n aikataulu- ja linjastosuunnittelijoita sekä liikennetutkimusten laatijoita haastateltiin heidän raportointia koskevista toiveistaan. Mielenpisteistään kertoivat suunnittelijat Antti Lautela, Leo Kalliopää, Lauri Rätty ja Arto Siitonen sekä liikennetutkimustiimin Marko Vihervuori ja Esko Kokki.

Uudessa APC-järjestelmässä monien raporttien tekeminen helpottuu, sillä Daviswebiin pystyy luomaan valmiiksi usein käytettyjä raporttipohjia, joista tarpeen mukaan vaihdetaan esimerkiksi päivämäärät ja linja. Yleensä Daviswebistä tulostettua raporttia täytyy muokata vielä Excelissä.

Daviswebiä pääsee käyttämään kuka tahansa tunnukset ja Internet-yhteyden omaava. Siten suunnittelijat voivat itse tehdä sellaisia tarkempia raportteja, joita ei säännöllisesti muutoin tehdä. Linjan yhden lähdön tiedot ovat esimerkiksi tällaisia. Harvoin yhden lähdön tietoja tarkastellaan, sillä kestää kauan ennen kuin on tarpeeksi tietoa, että siitä voidaan laskea luvut keski- ja maksimikuormitukselle. Toisaalta jo yhdenkin hyvin valitun lähdön profiili kertoo paljon (Vihervuori 2009a).

Suunnittelijat voivat tulevaisuudessa pyytää laskentavaunuja halutulle vuorolle, jonka lähdöistä tietoa kaivattaisiin tai vain tarkistaa, josko sattumalta tietoa jo tarpeeksi löytyisi.

8.3.2 Matkustajamääräraportointi

Aikataulu- ja linjastosuunnittelijat tarvitsevat matkustajamäärätietoa joukkoliikenteen tarjonnan sopeuttamiseksi kysyntään. Keskustelujen mukaan nykyisiin raportointikäytäntöihin raitiolinjoilla ollaan varsin tyytyväisiä, koska raitiovaunuissa matkustajalaskentalaitteita on ollut jo aiemmin. Uudet laitteet muuttavat tilannetta ainoastaan siten, että tietoa saadaan laajemmin useamman laitteen myötä (Lepistö 2009b). Lisäksi tietokantaan pääsee käsiksi jokainen suunnittelija. Bussien kuormitustietoja on kaivattu jo pitkään, mihin matkustajalaskentalaitteet tuovat helpotusta (Kalliopää 2009).

Suunnittelijat tarvitsevat säännöllisesti raportteja nousija- ja poistujamääristä sekä pysäkkien välisistä kuormituksista linjakohtaisesti sekä pysäkeittäin. Toisin sanoen tarvitaan linjojen kuormitusprofiileja. Optimaalisin tilanne suunnittelijoille olisi, jos jokaisen linjan kuormitusprofiilit voitaisiin tehdä keväältä, kesältä, syksyltä ja talvelta sekä kaikilta päivätyypeiltä (arkipäivät, lauantai ja sunnuntai). Sopiva raportointiväli olisi 1–2 kuukautta eli 6–12 raporttia/linja vuodessa. Havaintoja pitäisi olla myös kaikilta vuorokaudenajoilta, ja aikajaksotuksen toivottaisiin olevan tunnin välein ruuhka-aikana ja muulloin riittäisi harvempikin jaksotus. (Kalliopää 2009, Lautela 2009, Rätty 2009.)

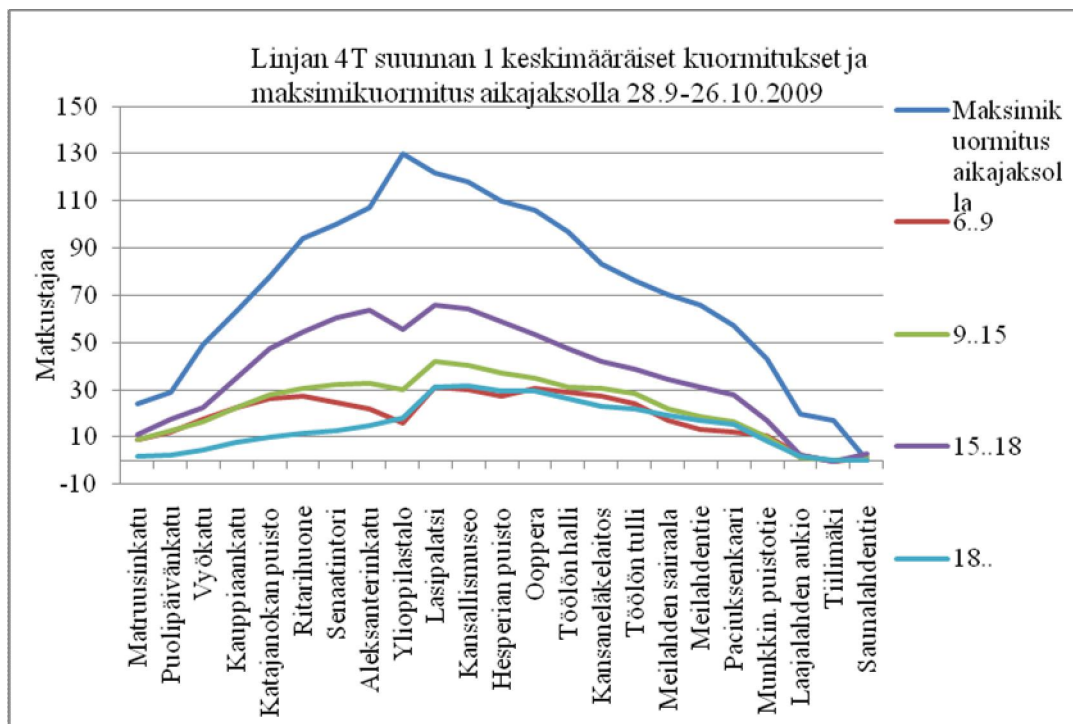
Myös matkustajamäärätilastoinnissa kuormitusprofiilit ovat tärkeimpiä. Raitiolinjojen osalta matkustajalaskentalaitteiden tuottamat matkustajamäärätiedot ovat erityisen tärkeitä, sillä niitä ei voida luotettavasti saada matkakorttijärjestelmän kautta. Koska matkakorttijärjestelmän tietoja ei voida käyttää, raitiolinjoilta tehdään 2–3 kertaa kuukaudessa poikkileikkauslaskentoja. Kuormitusprofiileihin saadaan kuukausittaiset vaihtelut näistä poikkileikkauslaskennoista. Poikkileikkauslaskennat suoritetaan 7:00–19:00 välisenä aikana ja myös matkustajalaskentalaitteiden profiilit tarvitaan tältä aikaväliltä (Vihervuori 2009a). Tilastointikäyttöä varten raitiolinjojen kuormitusten raporteissa olisi hyvä olla aikajaksotus, joista poikkileikkauslaskentojen aikaväli olisi helposti saatavissa (Vihervuori 2009a).

Bussilinjojen osalta matkustajalaskentalaitteiden suurin hyöty tilastoinnissa on matkakorttijärjestelmästä saatavien nousijamäärien korottamiseen käytettävien kertoimien päivitys. Tällä hetkellä käytössä olevat kertoimet on määritetty manuaalilaskentojen ja infokannan arvojen erotusten perusteella. Tulevaisuudessa korotuskertoimet määritetään siten, että linjan matkustajalaskentalaitteiden

havainnoimien lähtöjen nousijamääriä verrataan infokannan vastaaviin arvoihin. APC-järjestelmän matkustajamäärät katsotaan oikeiksi. Nousijamäärien erotusten summa lasketaan, ja lukua verrataan oikeaan matkustajamäärään. Näin saadaan virheprosentti ja kerroin, jolla matkakorttijärjestelmän tiedot kerrotaan. Virhetarkastelukappaleessa on esimerkki korotuskertoimien määrittämisestä. Toistaiseksi matkustajalaskentajärjestelmän tiedot bussilinjoista eivät ole riittävän luotettavia käytettäväksi. (Vihervuori 2009a.)

Raitiolinjojen kuormitusprofiileja on tähän asti tehty tasaisin väliajoin arkipäivien osalta. Raportointiväliä on rajoittanut laskentavaunujen pieni määrä, minkä vuoksi yhdeltä linjalta on saatu tehtyä 1–4 profiilia vuodessa. Tulevaisuudessa raitiolinjoista olisi periaatteessa mahdollista päivittää profiilit kerran kuukaudessa, jos aikaa niiden tekemiseen löytyy. Bussilinjojen kuormitusprofiilit pyritään päivittämään kerran vuodessa laskentabussien pienen lukumäärän vuoksi.

Tavallisten kuormitusprofiilien lisäksi suunnittelijoille olisi käyttöä kuvaajasta, jossa esitettäisiin raitio- sekä bussilinjojen tietyn ajanjakson keskikuorma ja maksimikuorma yhdellä lähdöllä. Tällaisessa kuvaajassa aikajaksotus voisi olla aamuruuhka (7–9), päivä (9–15) ja iltaruuhka (15–18). Lisäksi bussilinjoilta on kaivattu tietoa maksimikuormituksista. *Kuvassa 28* on esimerkki, millainen kuvaaja voisi olla. (Lautela 2009.)



Kuva 28 Esimerkkikuvaaja yhden lähdön eri aikajaksojen keskimääräisistä kuormituksista ja koko päivän maksimikuormitus.

Linjastosuunnittelussa kaivataan tietoa siitä, kuinka suuri osa bussilinjojen matkustajista käyttää linjaa osuudella, jossa vaihtoehtoisia yhteyksiä ei ole ja toisaalta, kuinka suuri osa matkustajista voisi käyttää muitakin linjoja (Lautela 2009). Näiden tietojen pohjalta voitaisiin joukkoliikennelinjasto suunnitella vastaamaan paremmin kysyntää. Katuosuuksittain ja pysäkeittäin matkustajamääriä voitaisiin seurata säännöllisellä tilastoinnilla, sillä pääosin kiinnostavat katuosuudet tunnetaan. Matkakorttijärjestelmästä eri linjojen matkustajamäärät samalta pysäkiltä ovat haettavissa, mutta tiedon käyttäminen vaatii ensin paljon manuaalista työtä (Siitonen 2009). Daviswebistä tieto on helposti haettavissa, mutta vielä matkustajamäärätietoja ei ole tarpeeksi laajasti, että tällaisia tarkasteluja pystyttäisiin suorittamaan.

8.3.3 Matka-aikatietojen raportointi

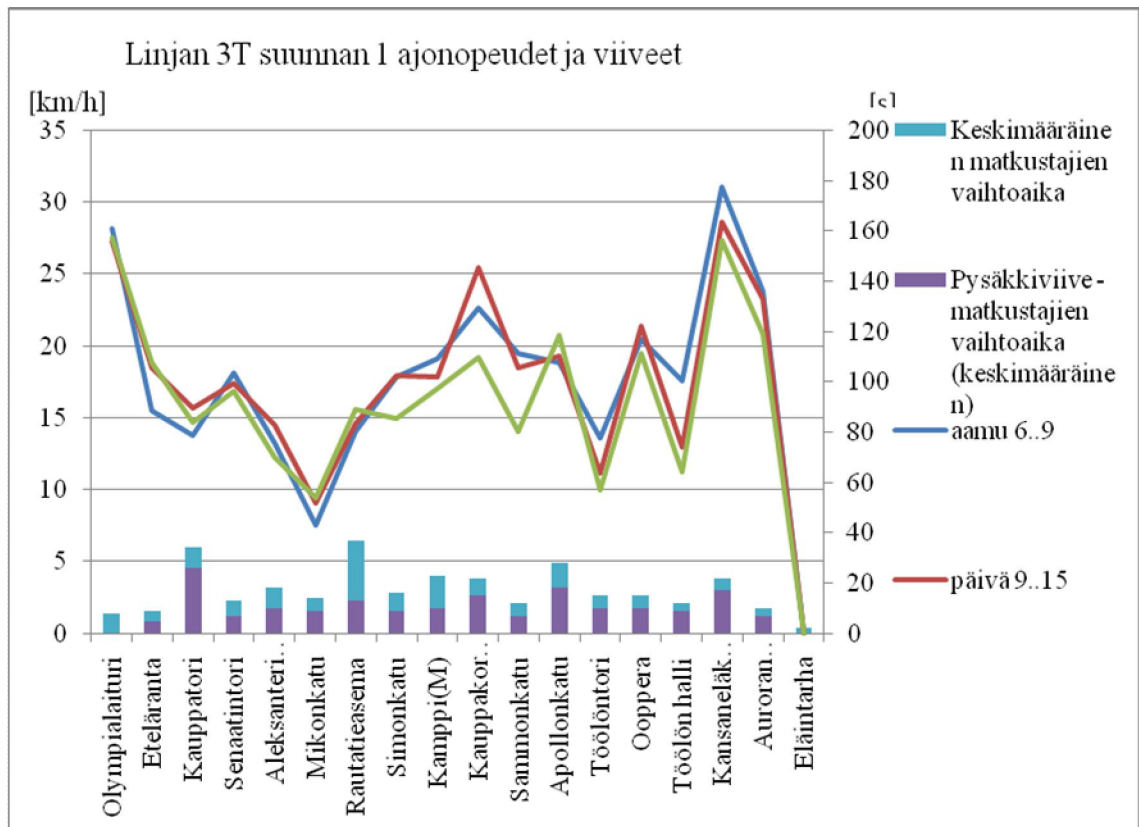
Bussien matka-aikojen ja ajonopeuksien tilastointia matkustajalaskentalaitteiden keräämän tiedon pohjalta ei pidetä yhtä tärkeänä kuin matkustajamäärien, sillä bussien osalta matka-ajat ja -nopeudet ovat nykyisin saatavissa matkakorttijärjestelmästä ja matkustajalaskentalaiteista. Osaan kalustosta on asennettu HELMI-järjestelmä, josta

matka-ajat ja -nopeudet myös saadaan. Tähän asti tilastot on tehty matkakorttijärjestelmän tietojen pohjalta noin kaksi kertaa vuodessa. Tilastot ovat sisältäneet suunnitellun kierrosajan, toteutuneen kierrosajan ja toteutuneen ajoajan aikajaksoittain. Toteutuneen kierrosajan ja ajoajan erotus on palautumisaika, jolloin kuljettajalla on pieni tauko. Matkakorttijärjestelmän tiedoissa on havaittuja joitakin virheitä, mutta koska otoskoko on niin suuri, ei näitä virheitä pidetä kovin merkittävinä. Matkakorttijärjestelmästä ajoaikatiedot saadaan paljon kattavammin, ja siitä tiedot saadaan suoraan käyttöön myös aikataulujen suunnitteluohjelma HASTUS:en. (Siitonen 2009.)

Koska matkakorttijärjestelmän matka-ajat ovat riittävän luotettavia ja tietoa saadaan paljon useammalta linjalta kuin matkustajalaskentalaitteilla saataisiin, tilastot kannattaa tehdä jatkossakin tällä hyväksi havaitulla tavalla. Matkustajalaskentajärjestelmän matka-aikatietoja voidaan käyttää matkakorttijärjestelmän tietojen vertailuun satunnaisesti.

Raitiolinjojen osalta matka-aikoja ja -nopeuksia ei saada matkakorttijärjestelmästä mutta HELMI-järjestelmästä kyllä. Davisweb on HELMI:in verrattuna helpompi ja joustavampi käyttää, minkä vuoksi sitä kannattaa käyttää tilastointiin. Nykyisin raportteja tehdään keskimääräisistä yhden lähdön matka-ajoista, ajonopeuksista sekä pysäkkiviipeistä. Näiden nykyisin tehtävien raporttien lisäksi suunnittelijoilla olisi käyttöä kuvaajalle, jossa pysäkkiviipeestä on eroteltu matkustajien vaihtoon kuluva aika. Tällä hetkellä tietoa kaivataan, koska raitiolinjojen matka-aikoja haluttaisiin saada lyhennettyä. Matka-ajat ovat vuosien saatossa vain kasvaneet, vaikka käyttöön on otettu muun muassa joukkoliikenteen liikennevaloetusjärjestelmä. Matka-aika koostuu sekä ajo-ajasta että viipeistä, ja pysäkkiviipeisiin vaikuttavat nousijoiden ja poistujien lukumäärän ohella lipun osto kuljettajalta. Aika, jona aika ovet ovat jo menneet kiinni, mutta ajoneuvo seisoo vielä pysäkillä. (Räty 2009.)

Matkustajalaskentajärjestelmästä pysäkkiviipeestä saadaan eroteltua matkustajien vaihtoon kuluva aika, joten voidaan myös arvioida lipunostoon kuluva aikaa. Tosin joidenkin pysäkkien pysäkkiviipeessä on mukana aika, jolloin vaunu odottaa liikennevalojen vaihtumista. Matkakorttijärjestelmästä ei pystytä saamaan kuin kokonaispysäkkiviive. *Kuvassa 29* on esitetty mahdollinen tapa, jolla näitä matka-aikoja ja -nopeuksia voitaisiin esittää.



Kuva 29 Esimerkki mahdollisesta ajonopeuksien ja pysäkkiviiveiden kuvaajasta.

8.4 Käyttöönoton ongelmat

8.4.1 Laitteisto

Uusien matkustajalaskentalaitteiden käyttöönotossa esiintyi erilaisia ongelmia, jotka liittyivät suurimmaksi osaksi jo kerätyn tiedon prosessointiin. Ajoneuvoissa olevissa laitteissa ilmeni vain vähän ongelmia, ja niihin HKL:lla ollaan tyytyväisiä.

Raitiovaunujen laitteistojen GSM-yhteys ei toiminut asennuksen jälkeen. Myös bussien GSM-yhteyksissä oli ollut jo pidemmän aikaa ongelmia. Tämä tarkoitti muun muassa sitä, että keskusyksikön lähettämät virheilmoitukset eivät tulleet perille sähköpostiin. Tämä vika saatiin varsin pian korjattua SIM-korttien toimittajan Elisan ja Dilaxin yhteistyöllä, minkä seurauksena sekä bussien että raitiovaunujen laitteistojen SIM-kortit vaihdettiin. Tämä jälkeen raitiovaunujen laitteistot toimivat moitteettomasti. Tietoja saatiin pääosalta niistä lähdoistä, joissa laskentavaunut liikennöivät.

Vaikka itse matkustajalaskentalaitteet toimivat hyvin, havaittiin, että ne aiheuttavat ongelmia raitiovaunujen muulle tekniikalle. Laskentalaite aiheutti vaunun säätöpiirin

nopeussignaaleille muutoksia, mikä tarkoitti ongelmia vaunun ajo- ja jarrupiireihin. Ongelma tullaan korjaamaan eristämällä nopeussignaali. (Suominen 2009.)

Laskentabusseissa on ollut enemmän ongelmia, joita on jouduttu korjaamaan useasti. Nämä ongelmat ovat kuitenkin pääasiassa johtuneet bussiyhtiöiden omista varomattomasti suoritetuista huolloista. Viat ovat olleet mekaanisia rikkoutumisia kuten kaapeleiden vaurioitumista. Esimerkiksi yksi matkustajalaskentalaitteiston keskusyksikkö rikkoutui bussiyhtiöstä johtumattomasta tuntemattomasta syystä. Tämän laitteen vaihto meni takuun piiriin. (Kokki 2009a.)

8.4.2 Tiedon prosessointi ja raportointisovellus DavisWeb Mobile

Tietokanta- ja raportointisovellus DavisWeb Mobile:n käyttöönotossa ilmeni useita odottamattomia ongelmia, jotka kaikki eivät ole vieläkään selvinneet. Ongelmat johtuvat sovelluksen ohjelmointivirheistä sekä raakatiedon ja aikataulu- ja linjastotiedon liittämisen ongelmista. Näihin ongelmiin ei osattu varautua, sillä aiemman ATR-matkustajalaskentalaitteen raakatiedon käsittely ja raportointi sujui ongelmitta. Ilmeisesti uusien APC-järjestelmien ongelmat tiedon prosessoinnissa ja raportoinnissa ovat yleisiä, sillä tämän tutkimuksen yhteydessä suoritetun kyselyn vastauksissakin ongelmat mainittiin monesti. Muiden tutkimusten mukaan kestää keskimäärin 17 kuukautta ratkaista käyttöönotossa ilmenneet ongelmat (Boyle 2008). Kuitenkaan HKL:llä uuden APC-järjestelmän raportointi ei täysin toiminut vielä kahdenkaan vuoden jälkeen bussien laitteiden asennuksesta. Varsinkin bussilinjojen tiedot eivät ole olleet luotettavia, mutta myös raitiolinjojen tietojen laadussa on ollut ongelmia. Tietojen prosessointi Daviswebbiin on usein kestänyt kohtuuttoman kauan, ja tietojen perään on jouduttu kyselemään monesti.

Tiedon prosessoinnin hitaus kertoo osaltaan ongelmista raakatiedon käsittelyssä. Suurin syy ongelmiin on se, että raakatietoa ei saada luotettavasti liitettyä oikeaan linjaan ja lähtöön. Tämä ilmenee Daviswebissä siten, että laskentatiedot ohjautuvat väärin linjojen ja lähtöjen tuloksiksi. Raporteissa laskentatietoja saattaa olla sellaiselta linjalta, josta varmasti tiedetään, että laskentabussi ei ole sillä liikennöinyt. Jopa bussi- ja raitiolinjat ovat välillä sekoittuneet keskenään. Syynä näihin ongelmiin on Dilaxin käyttämän laskenta-algoritmin toimimattomuus sekä YTV:n Dilaxille toimittamat epätarkat lähtötiedot.

Tällä hetkellä yhteensovittamiseen käytetään pelkästään aikataulu- ja linjastotietoa, mutta mahdollista olisi ottaa käyttöön myös toteutuneiden lähtöketjujen avulla yhdistäminen. Laskenta-algoritmi käsittelee lisäksi virheellisesti raitioliikenteen niin kutsuttuja rengaslinjoja, joita ovat 3B, 3T, 7A, 7B ja reitin toisesta päästään myös linja 9. Rengaslinjoilta jää matkustajia lähes poikkeuksetta kyytiin päätepysäkkienkin jälkeen, sillä raitiovaunu ei käänny takaisinpäin edellistä reittiä vaan jatkaa rengasta eteenpäin. Linjoilla 6 ja 8 toinen päätepysäkki (Arabia) on yhteinen ja matkustajia saattaa jäädä sieltä kyytiin. APC-järjestelmä on tällä hetkellä ohjelmoitu nollaamaan matkustajamäärät aina päätepysäkin jälkeen, ja tämän vuoksi kuormitustiedoista tulee negatiivisia. Bussilinjoilla tätä ongelmaa ei ole, sillä yleensä kaikki matkustajat jäävät pois viimeistään päätepysäkillä. Aiemmin käytössä ollut ATR-järjestelmä osasi laskea kuormitukset oikein, mistä voi tehdä johtopäätöksen, että asiaa ei ole mahdoton korjata.

Osa yhteensovittamisen ongelmista johtuu HKL:n ja YTV:n Dilaxille toimittamista lähtötiedoista. Tällä hetkellä raakatiedon ja aikataulu- ja linjastotiedon yhteensovittamisessa käytettävät pysäkkien koordinaatit on mitattu kartalta käsin ja ovat siksi hieman epätarkkoja. Pysäkit, ja niiden avulla linjat, tunnistetaan GPS-koordinaattien avulla, ja epätarkat koordinaatit tekevät mahdolliseksi lähellä toisiaan sijaitsevien pysäkkien sekoittumisen keskenään. Tämä johtaa siihen, että linjan tunnistus vaikeutuu. Bussilinjojen tarkemmat pysäkkikoordinaatit mitattiin kesän 2009 aikana, ja osa niistä otettiin käyttöön syksyllä 2009. Tiedon luotettavuuden pitäisi parantua hieman bussilinjojen osalta.

Lisäksi tietojen yhteensovittamista vaikeuttavat poikkeusaikataulut ja -reitit. Vaikka Dilax saa käyttöönsä aina uusimman otoksen Joukkoliikennerekisteri JORE:n tietokannasta, ei myöskään JORE:en merkitä aivan kaikkia poikkeusaikatauluja. Varsinkin raitiolinjojen osalta poikkeavat aikataulut ja reitit jätetään usein laittamatta rekisteriin. Poikkeusaikatauluja raitiolinjoilla on suhteellisen vähän, ja niiden syöttämistä rekisteriin on pidetty liian työläänä verrattuna saatuun hyötyyn. Jos Dilax ei tiedä poikkeavista reiteistä ja aikatauluista, on näiden lähtöjen osalta tietojen yhteensovittaminen hankalaa tai mahdotonta, ja nämä lähdöt hyvin todennäköisesti hylätään Daviswebiin laitettavista tuloksista.

Ongelmia on huomattu itse sovelluksessaakin. Tulostetuissa raporteissa tietojen jaottelu moniin eri aikajaksoihin ei aina toimi, sillä koko vuorokauden arvot eivät täsmää tunnin arvojen kanssa, ja järjestelmä saattaa antaa yhden tunnin tiedoiksi saman

kuin koko vuorokauden. Myöskään tietojen jaottelu pysäkeittäin ei kaikissa tapauksissa toimi, sillä yksittäisten pysäkkien yhteenlasketut tiedot eivät täsmää koko lähdön tietoihin. Raportin luominen aikataulun mukaisten lähtöjen lukumäärästä ei onnistu, vaikka tämä tieto tarvitaan monen muun tunnusluvun laskemiseen. Sovelluksessa on lisäksi paljon pieniä käyttökatkoja. Katkot ovat lyhyitä, mutta aiheuttavat ikäviä viivytyksiä työntekoon.

Tässä on vain joitakin esimerkkejä ongelmista. Nämä monet ongelmat heikentävät tiedon luotettavuutta. Jo nyt HKL:llä koetaan, että ennen käyttöä Daviswebin tietojen laatu täytyy jollakin tavalla tarkistaa. Tietojen luotettavuuden varmistelu vie tarpeetonta aikaa HKL:n henkilökunnalta, vaikka laadunvarmistuksen pitäisi kuulua hankittuun järjestelmään. Hankalinta tilanteessa on, että Dilaxilta ei ilmoiteta kehitystyön edistymisestä ja havaituista ongelmista. Järjestelmän kehittäminen parempaan suuntaan vaatii hyvää keskusteluyhteyttä Dilaxin, HKL:n ja YTV:n välillä. Tällä hetkellä tilanne näyttää hieman hankalalta, sillä tiedonkulku ei toimi kuten pitäisi. HKL ja YTV ovat ensimmäisiä Davisweb Mobilen käyttäjiä, joille tieto prosessoidaan näin pitkälle, mikä voi vaikuttaa järjestelmän puutteisiin. Sovelluksen käyttöönottoprosessi on vielä kesken, ja vie ehkä aikansa ennen kuin siitä saadaan sellainen kuin HKL ja YTV haluavat. Viimeisenä mahdollisuutena on ostaa raakatiedon prosessointi muualta, kuten osa ulkomaisista liikennelaitoksista on toiminut matkustajalaskentalaitejärjestelmiensä kohdalla.

9 MATKUSTAJALASKENTALAITTEIDEN TULEVAISUUS

9.1 Tulevaisuuden toiveet

Tutkimuksen yhteydessä suoritetusta kyselystä (katso luku 4) kävi ilmi, että nykyisiltä automaattisilta matkustajalaskentajärjestelmiltä toivottaisiin parempaa tarkkuutta ja erityisesti raportointisovelluksen parempaa käytettävyyttä. Lisäksi vastauksista nousi esiin toive saada tarkempaa tietoa matkustajien matkasta ja matkaketjusta. Jo tällä hetkellä maailmalla suunnitellaan automaattisia matkustajalaskentajärjestelmiä, jotka laskevat matkustajat entistä tarkemmin. Varsinkin rinnakkaisten matkustajien havaitsemista yritetään parantaa. Tekniikkana tähän aluksi yritettiin mattoilmaisimia (Greneger yms. 1996) sekä myöhemmin videokamera- ja lasersensoreita. Matkustajalaskentalaitteiden kehittäminen voisi olla yksi ratkaisu, mutta myös uudet rahastusmenetelmät tarjoavat entistä tarkempaa tietoa matkustajien matkaketjusta. Uusien tarkemmin matkustajan liikkeitä seuraavien järjestelmien kehittämisessä täytyy olla tarkkana, ettei loukata matkustajien yksityisyyssuojaa.

9.2 Automaattisten matkustajalaskentalaitteiden mahdollisuudet

Vuonna 1996 mattoilmaisimilla toimivat matkustajalaskentalaitteet pystyivät laskemaan matkustajat pysäkeittäin sekä lisäksi määrittämään matkustajien kulkusuunnan. APC-järjestelmissä nähtiin jo tuolloin mahdollisuuksia tarkemman matkustajatiedon rekisteröimiseen. Mattoilmaisimia yritettiin muun muassa kehittää siten, että laite pystyisi luokittelemaan matkustajan lapseksi tai aikuiseksi painon ja kengän koon perusteella. Jalan paino matolla riippui siitä, kuinka paljon maton aktivoinut jalka kannatteli matkustajan painoa eikä vastannut matkustajan oikeaa painoa. (Greneger yms. 1996.)

Mattoilmaisintekniikan jäädessä vähitellen taka-alalle on tutkittu videoanalyysin mahdollisuuksia entistä tarkempiin matkustajalaskentoihin. Kauppakeskuksissa matkustajia jo lasketaan videokamerakuvien perusteella, mutta joukkoliikennekäytön esteenä on ollut kameroiden vaatima suuri asennuskorkeus (Reetz 2009a). Videokamera ei myöskään pysty hahmottamaan etäisyyksiä.

Markkinoille on kuitenkin tullut myös joukkoliikenteelle tarkoitettuja videoanalyysia hyödyntäviä matkustajalaskentalaitteita. Yhdysvalloissa tutkittiin tekniikan mahdollisuuksia määrittää matkustajien lähtöpaikka ja määränpää. Järjestelmässä käytettiin sädettä rekisteröimään matkustajien kulkusuunta, videokameraa matkustajien lukumäärän laskemiseen ja mikroprosessoria käsittelemään näistä kerätty tieto. Tutkimuksessa ongelmana oli vierekkäisten matkustajien laskeminen leveissä oviaukoissa. Järjestelmässä nähtiin silti potentiaalia, jos ongelmas-
ta päästäisiin yli. (Greneger 2005.)

Saksassa tehdyn tutkimuksen perusteella parhaimmat edellytykset matkustajien liikkeen selvittämiseen olisi videokameratekniikassa. Infrapuna- ja lasersädetekniikoissa ei matkustajista saada tarpeeksi yksityiskohtaista tietoa. (Falk 2005).

Lasersensoreita hyödyntäviä matkustajalaskentalaitteita on jo markkinoilla ja esimerkiksi Hampurissa käytössäkin. Nykyiset järjestelmät lupaavat paremman laskentatarkkuuden lisäksi tunnistaa ja luokitella matkustajat koon mukaan (Iris-GmbH 2009). Tällöin lapsi ja aikuinen voitaisiin erottaa toisistaan. Videoanalyysitekniikan sijaan on lasersensoritekniikka pidemmällä kehityksessä. Jos jo tällä hetkellä lasersensoreiden avulla voidaan määrittää matkustajien pituus ja luokitella matkustajat sen perusteella, niin oletettavasti tulevaisuudessa yksittäisten matkustajienkin liikkeet on mahdollista tunnistaa pituuden perusteella. Tällöin lasersäteiden tunnistustarkkuuden täytyisi olla todella tarkka, jotta pienetkin pituuden erot voitaisiin rekisteröidä. Pientä virhettä mahdollisesti tulisi samanpituisten matkustajien tunnistamisesta. Ehkä lasersäteillä olisi mahdollista tunnistaa myös leveyssuuntaiset erot, jolloin samanpituisten matkustajien tunnistaminen helpottuisi. Lasersädeilmaisimien luvataan pystyvän erottamaan matkustajat esineistä ja vierekkäin kulkevat matkustajat toisistaan. Silti epäilyttää pystyykö säde todella siihen, sillä säteellä ei saa samanlaista kokonaiskuvausta tilanteesta kuin videokuvalla.

Infrapunailmaisimia, mattoilmaisimia, renkaanpaineita mittaavia tekniikoita ei pystytä kehittämään siten, että tulevaisuuden vaatimukset voitaisiin täyttää (Falk 2005). Tulevaisuudessa matkustajalaskentajärjestelmältä vaaditaan yksityiskohtaisempaa tietoa matkaketjusta, kuin mitä nämä tekniikat voivat tarjota. Tulevaisuuden automaattinen matkustajalaskentajärjestelmä voi olla kumpi tahansa edellä esitetyistä tai aivan joku muu.

9.3 Uusi taksa- ja lippujärjestelmä

Pääkaupunkiseudun matkalippujärjestelmä tullaan uusimaan vuoteen 2014 mennessä. Uudessa taksa- ja lippujärjestelmässä arvolippujen hinta tulee todennäköisesti perustumaan matkan pituuteen. Matkan pituus ja hinta määritellään sisään- ja ulosleimausten perusteella. Matkustaja leimaa matkakorttinsa ajoneuvoon nousun ja sieltä poistumisen yhteydessä. Luultavasti vaihtoja sisältävillä matkoilla lippu leimattaisiin jokaisen nousun ja poistumisen yhteydessä, jotta matkakortin käyttö olisi helpompi oppia ja matkasuunnitelmien muutokset eivät aiheuttaisi ongelmia. Siten uudesta taksa- ja lippujärjestelmästä voisi osittain saada suunnittelun kaipaamaa tietoa matkustajien matkaketjuista. Tosin kausilippu toteutetaan nykyjärjestelmän kaltaisesti, mikä tarkoittaa sitä, että bussien osalta vaaditaan vain leimaus sisään noustessa ja ulosleimaus vain matkustettaessa kausilippualueen ulkopuolelle. Raideliikenteessä avoin leimauskäytäntö jatkuu, eli edes nousuja ei välttämättä tarvitse leimata kausilippualueen sisällä matkustettaessa. (YTV 2009b.)

Vastaisuudessakin matkustajalaskentalaitteet ovat välttämättömiä raideliikenteen matkustajamäärien laskemisessa sekä bussilinjojen korotuskertoimien määrittämisessä. Uudesta taksa- ja lippujärjestelmästä voisi kuitenkin olla hyötyä matkustajamäärätietojen laskennassa, jos arvo- ja kortalippujen käyttäjämäärät lisääntyvät. Tällöin matkustajien koko matkaketju pystyttäisiin jäljittämään. Kortalippujen käyttäjämäärien kasvu on epätodennäköistä, sillä kortalipun hintaa tullaan korottamaan juuri sen vuoksi, että joukkoliikenteen satunnaismatkustajat siirtyisivät käyttämään arvolippua. Tällä pyritään siihen, että matkaa hidastava kuljettajamyynä vähentyisi. Arvolippujen käyttäjämäärä sen sijaan saattaa kasvaa. Niiden käyttäjiksi siirtyy todennäköisesti osa lyhyiden, maksualueiden rajan ylittävien, matkojen tekijöistä. Toisaalta arvolipulla tehtävät pitkät, maksualueen sisäiset, matkat kallistuisivat, ja käyttäjille olisi edullisempaa siirtyä käyttämään kausilippua.

Matkakorttijärjestelmän etu matkustajalaskentalaitteisiin nähden on se, että rahastuslaitteet ovat joka tapauksessa jokaisessa ajoneuvossa. Vaikkakin taksa- ja lippujärjestelmästä tullaan saamaan tietoa vain murto-osasta matkustajien matkaketjua, niin jo se tietomäärä on enemmän, kuin mitä aiemmin on pystytty saamaan. Yhdessä matkustajalaskentalaitteiden tiedon kanssa mahdollisuudet matkustajien matkaketjun selvittämisestä kasvavat.

Todennäköisin tulevaisuuden matkustajalaskentatekniikka on järjestelmä, joka yhdistää sekä rahastuksen että matkustajalaskennan. Tämä helpottaisi tietojenkäsittelyä huomattavasti. Jo tällä hetkellä markkinoilla on taksa- ja lippujärjestelmiä, jotka pystyvät automaattisesti tunnistamaan vaikkapa taskussa olevan matkakortin. Tällaisissa tekniikoissa (esimerkiksi RFID) ei edes vaadittaisi matkustajan toimia, vaan laite rekisteröisi tunnisteen omistavat matkustajat automaattisesti heidän noustessa ja poistuessa. Myytävät kertaliputkin voisivat pitää sisällään tunnisteen, jolloin matkustajamääristä ei jäisi puuttumaan matkansa maksavia matkustajia. Kausikorteissa tunniste voisi olla esimerkiksi avaimenperä, jolloin se pysyisi varmasti mukana. RFID tekniikkaa hyödyntäviä yhdistettyjä rahastus-, paikannus- ja matkustajalaskentalaiteita on jo testattu kohtalaisen hyvin tuloksin, tarkkuuden ollessa 95,5 % (Rossetti 2005).

10 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Joukkoliikenteen matkustajalaskentoja suoritetaan suunnittelua sekä tutkimuksia varten. Matkustajalaskentoihin käytetään erilaisia menetelmiä. Tässä tutkimuksessa lähetettiin matkustajalaskentamenetelmistä sähköpostikysely 53 kaupunkiin ympäri maailmaa. Vastaus saatiin 30 kaupungista eli vastausprosentti oli 57. Kyselyn perusteella jo yli puolet kaupungeista, 53 %, käyttää automaattisia matkustajalaskentalaitteita (APC) pääasiallisena matkustajalaskentamenetelmänä. 37 % kaupungeista hyödyntää rahastuslaitteista saatavia tietoja ja vain 7 % käyttää manuaalilaskentoja pääasiallisena laskentamenetelmänä. Työläitä manuaalilaskentoja käytetään todennäköisesti silti muista lähteistä saatavien tietojen tukena. Rahastuslaitteista ei yleensä saada tietoa poistuvista matkustajista, ja siten linjan kuormitusta eri osuuksilla ei tiedetä. Luultavasti tämän vuoksi matkustajalaskentalaitteiden käyttö on yleistynyt, sillä ne keräävät sekä nousijoiden että poistujien määrät kaikilta pysäkeiltä linjan reitin varrelta.

Kyselyn perusteella yleisin APC-järjestelmä on infrapunasensoreita matkustajien havaitsemisessa hyödyntävät laitteet. Lisäksi käytössä on bussien ilmajousien ilmanpaineita mittaavia tekniikoita sekä uusimpana tekniikka lasersädesensoreita hyödyntävä järjestelmä. Mattoilmaiset alkavat olla jo harvinaisia. Automaattisia matkustajalaskentalaitteita ei pääkaupunkiseudun lisäksi ole käytössä muualla Suomessa, mutta tulevaisuudessa laitteiden määrä tulee hyvin todennäköisesti kasvamaan.

Tavallisesti vain pieni osa joukkoliikennekalustosta varustetaan laskentalaitteilla. Kalustosta jo 10–20 %:n varustaminen laskentalaitteilla riittää useimpien kaupunkien tiedon tarpeeseen, kunhan ajoneuvojen kierrätys eri linjoilla toimii. Erityisesti, jos matkustajamäärätietoa on saatavissa muista järjestelmistä, kuten rahastuslaitteista, riittää pienempi määrä laitteita. APC-järjestelmien ongelmat koskevat pääosin raportointisovellusta, jota pidetään hankalana käyttää. Myös laitteiden ylläpito koetaan työläänä ja laadunvarmistuksen tasosta on epäilyksiä. Monet kaupungit ovatkin päätyneet hoitamaan raakatiedon käsittelyn ja raportoinnin täysin itse, jolloin lukuun ottamatta tiedonkeruuta koko laskentatiedon käsittelyprosessi on omassa hallinnassa. Automaattisten matkustajalaskentalaitteiden tarkkuus on 90–95 % ja käytännössä nykypäivänä tarkkuus on 95 %.

Automaattisista matkustajalaskentalaitteista tietoa saadaan hyvin laajasti ja edullisesti. Raitiovaunujen matkustajalaskennoissa laitteet ovat ehdottomat, sillä kyytiin

nouseviakaan ei saada rahastuslaitteista avoimen rahastuksen vuoksi. Bussien osalta laitteet mahdollistavat kuormitusten määrittämisen. Käyttöönottoprosessi on kuitenkin työläs. Laitteiden ja lähtötietojen ylläpito sekä laitteista saatavan laajemman tiedon määrän käsittely on aikavievää. Käyttöönottovaiheeseen täytyy varata tarpeeksi resursseja, jotta käytännöt saataisiin toimiviksi ja myöhemmin laitteista saataisiin kaikki hyöty irti.

HKL:lle ja YTV:lle hankittiin kilpailutuksen myötä uudet infrapunasensorilaitteet. Laitteita asennettiin tässä vaiheessa 15 bussiin ja kolmeen raitiovaunuun. Uuden järjestelmän soveltuvuus suunnittelu- ja tutkimusprosesseihin varmistettiin virhetarkastelulla, jossa raitiovaunujen laitteiden tuloksia verrattiin käsinlaskentojen tuloksiin. Bussien matkustajalaskentalaitteiden tuloksia verrattiin matkakorttijärjestelmän tietoihin. Raitiovaunujen tulokseksi saatiin, että nousijoiden laskennassa virhe on -1,8 % ja poistujien kohdalla 2,7 %. Tarkkuus raitiovaunujen osalta täyttää asetetun 95 %:n vaatimuksen, joten tietoihin voidaan luottaa. Poikkeamien keskiarvo nousijoille oli -0,1 ja poistujille 0,1. Tämä osoittaa, että suurin osa mittauksista on täysin oikein. Myös ajoajat laite laskee luotettavasti. Sen sijaan bussilinjojen matkustajamäärät eivät tarkasteluajankohtana (syksy 2009) täyttäneet vaatimuksia, mikä ainakin osaksi johtui toimitettujen pysäkkikoordinaattien epätarkkuudesta.

Tutkimuksessa kävi ilmi, että infrapunasensorilaitteille on ongelmallista erottaa toisistaan ovesta rinnakkain kulkevat matkustajat, jos heidän väliinsä ei jää pientä rakoa. Matkalaukut ja turha oleskelu oviaukossa oven auki ollessa aiheuttavat ylimääräisen rekisteröinnin. Lisäksi lastenvaunut sekä isot koirat saattavat aiheuttaa ylimääräisen rekisteröinnin, vaikka tarkastelussa se ei käynyt selvästi ilmi. Laite laski liian vähän nousijoita ja liian paljon poistujia, mikä johtaa siihen, että lopulta kuormituksista tulee negatiivisia ja matkustajakilometrejä jää puuttumaan. Tarkkaa syytä ei tiedetä osaksi siksi, että laskentatulokset saadaan käyttöön vasta tilastollisten tarkastelujen jälkeen. Lisäksi syyn selvittämiseksi laitteiden tuloksia täytyisi tutkia suuremmilla havaintomäärillä ovikohtaisesti, mitä tässä tutkimuksessa ei tehty.

Koska laitteisto toimii hyvin, on raakatiedon käsittelyllä suurin merkitys laskentatulokseen. Raakatiedon käsittelyssä tehdään tilastolliset tarkastelut, korjataan laskentatuloksia sekä liitetään kerätyt tiedot oikeaan linjasto- ja aikataulutietoon. Yleensä laitteen toimittaja prosessoi raakatiedon. Tämä johtaa siihen, että tiedon käyttäjällä ei ole tuntumaa sen luotettavuuteen ja myös vaikutusmahdollisuudet ovat

heikommat. Tilaajan ja palvelun tarjoajan tiivis yhteistyö sekä saumaton informaation kulku on tärkeää erityisesti käyttöönottovaiheessa, kunnes käytännöt saadaan sujuviksi. Lisäksi, jos laitteen toimittaja on toisesta maasta, kuten HKL:n tilanteessa, aiheutuu lisää viivästyksiä ja väärinkäsityksiä kielen ja erilaisen yrityskulttuurin vuoksi.

HKL:llä hankintasopimuksessa on asetettu tiedon prosessoinnille yhden kuukauden aikaraja. Aikaraja tarkoittaa sitä, että tiedon keruusta saa mennä korkeintaan kuukausi siihen, kun tieto on HKL:llä käytettävissä. Tämä on kuitenkin liian pitkä aika. Pahimmassa tapauksessa virhe laskentatuloksissa huomataan kuukauden päästä tiedonkeruusta, jolloin otetaan yhteyttä järjestelmän toimittajaan. Laitteen toimittajalla on muitakin asiakkaita ja välttämättä aikaa ongelman ratkomiseen ei heti ole. Ennen kuin ongelma saadaan ratkaistua voi mennä kaksikin kuukautta, jolloin ei saada kelvollista tietoa. Suositeltavaa olisi sopia tiedon prosessointiaika mahdollisimman lyhyeksi. Tilanne saattaisi olla helpompi, jos laitteen tilaaja ja toimittaja puhuisivat samaa kieltä ja asuisivat samassa maassa. Tällöin ongelmat voitaisiin ratkoa yhdessä paikan päällä eikä esimerkiksi sähköpostitse, jolloin syntyy helposti väärinkäsityksiä ja turhia viivästyksiä. Yksi vaihtoehto on hoitaa tiedon prosessointi itse. Todettakoon, että informaationkulun ongelmat eivät ole aina pelkästään tilaajan ja toimittajan välillä, vaan myös eri tilaajaosapuolten välillä voi olla tietokatkoja.

HKL:llä ongelmia on tuottanut raitioliikenteen niin kutsuttujen rengaslinjojen kuormitukset. Rengaslinjoilla matkustajia jää kyytiin myös päätepysäkillä, mutta laskentalaite nolaa kuormituksen. Tällöin menetetään kyydissä olevien matkustajien lukumäärä ja kuormituksista tulee negatiivisia. Jos lukuja ei nollattaisi koko päivänä, laskennassa tulleet virheet kertautuisivat. Asiaa on yritetty selvittää laitteen toimittajalle, sillä he eivät voi tietää Helsingin seudun liikennejärjestelmän erityispiirteitä. Nyt tiedetään, että ratkaisu ongelmaan on käyttää ajoneuvojen lähtöketjuja raakatietojen yhteen liittämässä linjasto- ja aikataulutietoon. Väärinkäsitykset viivästyttivät niiden toimittamista sekä ongelman ratkaisua.

Sekä sähköpostikyselyn että HKL:n kokemuksen myötä matkustajalaskentalaitteiden raportointisovellukset ovat vaikeakäyttöisiä. Raportointisovelluksen kohdalla ongelmallista on, että järjestelmän toimittajat eivät tunne tarpeeksi hyvin joukkoliikennealaa, ja eivät siksi osaa luoda siihen tarkoitukseen mahdollisimman helppokäyttöistä sovellusta. Tähän asti HKL:ltä ei neuvoa sovelluksen kehittämiseen

ole juuri kysytty. Tiivis yhteistyö sovelluksen käyttäjien ja kehittäjien välillä sekä neuvon kysyminen helpottaisivat huomattavasti.

Joukkoliikenteessä reitti- ja aikataulumuutoksia tulee usein, joten muutokset täytyy ottaa huomioon myös raakatiedon liittämässä linjasto- ja aikataulutietoon. Tällöin jokainen osapuoli hoitaa oman osansa: tilaaja toimittaa aina uusimmat tiedot jota myös käytetään raakatiedon käsittelyssä. Avainhenkilöiden sijaistamiset tulisi hoitaa, jotta poissaolot eivät vaikuttaisi tiedon laatuun.

Laskenta-ajoneuvojen eri linjoilla kierrättäminen on vaatimus matkustajalaskentalaitteiden tiedon tehokkaalle hyödyntämiselle. Laiteet eivät ole siirrettävissä ajoneuvosta toiseen ilman työlästä asennusta. Kierrätyksen järjestäminen on vaativaa, sillä bussiliikennöitsijät eivät helpolla noudata suunnittelijoiden suunnittelemaa ajoneuvokiertoja vaan optimoivat oman kalustokiertonsa. He eivät myöskään itse hoida laskenta-ajoneuvojen kiertoja siten, että mahdollisimman moni linja tulisi lasketuksi. Laskenta-ajoneuvojen riittävä kierrätys on kuitenkin ehdoton vaatimus laskentatiedon käytölle, mikä tulisi hoitaa tavalla tai toisella. Jos liikennöitsijät eivät muutoin kiertoa hoida, on vaihtoehtona laittaa vaatimus kierron hoitamisesta liikennöintisopimukseen. Raitiovaunujen osalta tilanne on helpompi kuin bussien, sillä yksi raitiovaunu on yleensä koko päivän saman linjalla.

Monet käyttöönottoprosessin aikana kohdatut ongelmat olisi voitu välttää, jos laitteen valmistaja tietäisi tarkkaan prosessoimansa joukkoliikennejärjestelmän ominaisuudet. HKL:llä aiemmin käytössä olleessa matkustajalaskentalaitteessa ei näin suuria ongelmia tiedonkäsittelyssä ollut, mikä todennäköisesti johtui siitä, että järjestelmän toimittavan yrityksen työntekijät olivat aiemmin olleet itsekin liikennesuunnittelijoita ja tunsivat alan. Myös HKL:n ja YTV:n toimittamat lähtötiedot ovat saattaneet olla puutteellisia: toisaalta ei ole tiedetty, mitä tietoja tulisi lähettää ja toisaalta HKL:n ja YTV:n tiedonkulku ei ole täysin toiminut. Tämä on aiheuttanut väärinkäsityksiä siinä, mitä tietoja on jo toimitettu ja mitä ei.

Matkustajalaskentalaitteiden tulevaisuuden suuntaus vaikuttaisi olevan kohti video-analyysitekniikkaa tai lasersädeilmaisimia, joita on jo kokeiltukin. Tarkkuus paranisi ja matkustajien matkakettu voitaisiin selvittää tarkemmin. Todennäköisintä kuitenkin on, että siirrytään käyttämään yhdistettyä rahastus- ja matkustajalaskentajärjestelmää, jolloin monesta rinnakkaisesta järjestelmästä luovuttaisiin. Mahdollinen tekniikka tähän olisi RFID-ilmaisimet, joista on kokeiluja jo tehty.

LÄHDELUETTELO

AB Storstockholms lokaltrafik. (2000). *Redovisningsystem för ATR ver. 3.5*.
Användarhandbok.

Akershus. (2009). *Akershusin läänin kotisivut*. www.akershus.no (3.11.2009).

Boyle, D. (1998). *Passenger counting technologies and procedures*. TCRP Synthesis 29. Transportation Research Board. Washington, D.C.

Boyle, D. (2008). *Passenger counting systems*. TCRP Synthesis 77. Transportation Research Board. Washington, D.C.

Center for Urban Transportation Research (CUTR). (2005). *Designing an automatic passenger counter program for RTS*. Florida.
www.rapts.cutr.usf.edu/doc/Files/RTS_tech_asst.doc (28.6.2009).

Center for Urban Transportation Research (CUTR). (2006). *APTS Technologies: Fleet management systems, Automatic passenger counters (APCs)*. <http://www.rapts.org/apts-technologies.htm> (13.7.2009).

Center for Urban Transportation Research (CUTR). (2009). *Automatic Passenger Counters (APCs)*. Resource for advanced public transit systems RAPTS. Florida.
www.rapts.cutr.usf.edu/doc/CaseStudies/APCCaseStudyFinal.doc (16.6.2009).

Chen C. ym. (2008). *People Counting System for Getting In/Out of a Bus Based on Video Processing*. Eight International Conference on Intelligent Systems Design and Applications. IEEE Computer society. 565-569s.

DILAX Intelcom GmbH. (2008). *Automatic Passenger Counting System Manual*. Berlin. 118s.

DILAX Intelcom GmbH. (2009a). *Dilaxin Kotisivut*. <http://www.dilax.com/> (20.8.2009).

DILAX Intelcom GmbH. (2009b). *Raportointisovellus DavisWeb* (23.10.2009).

DILAX Intelcom GmbH. (2009c). *Raportointisovellus DavisWebin help-valikko* (25.6.2009).

DILAX Intelcom GmbH (2009d). *Raportointisovellus DavisWeb help-valikko* (1.10.2009).

DILAX Intelcon GmbH (2007a). *Infrared-Sensor IRS-320*. Sensors for DILAX counting systems stationary/mobile. Version 2.2/ 30.11.09. Berlin. 10 s.

DILAX Intelcon GmbH (2007b). *Data sheet digital Input INP- 450*. Version 1.9/20.10.09. Berlin. 8 s.

Engel, M. (2009). *Sähköposti insinööri Martin Engeliltä*. 23.9.2009. Dilax Intelcom GmbH.

Falk, S. (2005). *Personenzähleinrichtungen für Versammlungsstätten*. Diplomarbeit. HAW-Hamburg. Fachbereich Medientechnik. 132 s.

Greneger, G. (2005). *Noncontact sensor for passenger counting and classification. Ttransit IDEA project 20*. Transit IDEA program annual progress report. Transportation research board. 27-28 s.

Greneger, G yms. (1996). *Improved Passenger Counter and Classification System for Transit Operations*. Final Report for Transit IDEA Project 5. Transportation Research Board of the National Academies. 19 s.

Haataja, S. (2009a). *Puhelinkeskustelu HKL:n entisen johtavan liikennetutkijan Seppo Haatajan kanssa*. 11.8.2009.

Haataja S. (2009b). *Sähköposti HKL:n entiseltä johtavalta liikennetutkijalta Seppo Haatajalta*. 12.8.2009.

HKL suunnitteluyksikkö. (2008). *HKL:n raitioliikenteen profiilit ja matka-ajat - tietokanta*.

HKL suunnitteluyksikkö. (2009a). *Raitiovaunujen matkustajalaskentalaitteiden ja niihin liittyvän matkustajalaskentapalvelun hankintasopimus*. Helsinki.

HKL suunnitteluyksikkö. (2009b). *Raitiolinjojen ajonopeudet*. Helsinki.

HKL-raitioliikenne. (2004). *Raitioliikenteen historia Helsingissä*.

http://www.hel2.fi/hkl/ratikka_historia/su/historia4_3.html (26.5.2009).

MG Industrieelektronik GmbH. (2009). *Eyeone passenger counting sensor*.

http://www.mg-industrielektronik.de/support/WB_EYEONE_E.pdf (27.8.2009).

Infodev. (2009). *Automatic people counting systems for buildings and transit*.

<http://www.infodev.ca/vehicles/do-you-need-to-count-your-passengers.html> (3.6.2009).

Iris-GmbH. (2009). *Iris GmbH:n Kotisivut*. <http://www.irisgmbh.com/> (13.7.2009).

Kalliopää, L. (2009). *HKL:n linjastosuunnittelija Leo Kalliopään haastattelu*.

28.8.2009. Helsinki.

Karsch, J. (2009). *Neuvottelu 23.6.2009 YTV, HKL ja Dilaxin välillä*. Helsinki.

King County Washington. (2002). *Automatic Passenger Counter 9/2002*.

<http://metro.kingcounty.gov/am/vehicles/smartbus/0902-er-counter.html> (10.6.2009).

Kurri, J. (2007). *Kurssin Liikennetutkimukset ja -ennusteet opetusmoniste*. Edita Prima Oy. Espoo. 34-35s.

Kokki E. (2009a). *Useita keskusteluja Esko Kokin kanssa keväällä, kesällä ja syksyllä 2009*. HKL. Helsinki.

Kokki E. (2009b). *Keskustelu Esko Kokin kanssa. 1.9.2009*. HKL. Helsinki.

Kosonen I. (2009). *Älykkään liikenteen tiedonkeruu ja palvelut*. Liikenteen hallinnan opintojakso. TKK. Espoo.

Lautela, A. (2009). *HKL:n linjastosuunnittelija Antti Lautelan haastattelu. 3.9.2009*. HKL. Helsinki.

Lepistö, V. (2009a) *Sähköposti HKL:n suunnittelija Ville Lepistöltä. 21.10.2009*.

Lepistö, V. (2009b) *Keskustelu HKL:n suunnittelija Ville Lepistön kanssa. 10.9.2009*.

Lepistö, V. (1999). *Joukkoliikenteen kuormitusten ja viiveiden seuranta. Diplomityö*. Teknillisen fysiikan ja matematiikan osasto. Teknillinen Korkeakoulu. 82s.

Letshwiti, V. ja Lamprecht, T. (2004). *Appropriate technology for automatic passenger counting on public transport vehicles in South Africa*. Proceedings of the 23rd Southern African Transport Conference (SATC 2004). CSIR Transportek. South Africa. 405-412 s.

Ling, N. ja Gao, C. (2006). *Bi-directional passenger counting on crowded situation based on sequence color images*. Z.Pan et al. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 557-564 s.

London Mat Industries. (2008). *Matex® Treadle Switch Mats*.
http://www.londonmat.com/Mats/mt_sg_matex_treadle.html (16.6.2009).

Mellin, I. (2004). *Luento Johdatus tilastotieteeseen, väliestimointi*. Sovellettu todennäköisyyslasku -kurssin luentokalvot. Teknillinen korkeakoulu. 2004. Espoo.

Merin, M. (1993). *Joukkoliikenteen seurantajärjestelmän, MATLA 2000:n soveltuminen Helsingin kaupungin HKL-liikelaitoksen linja-autoliikenteen matkustajalaskentoihin ja matka-aikamittauksiin*. Diplomityö. Liikennetekniikan laboratorio. Teknillinen Korkeakoulu. Espoo.

Metro Transit. (2009). *Automatic passenger counter, objective I: Technical approach*. <http://transit.metrokc.gov/am/vehicles/smartbus/0902-er-counter.html> (10.6.2009).

Muotka, I. (2009). *Keskustelu YTV:n Irene Muotkan kanssa tietokanta- ja raportointisovellus Davisweb Mobilesta*. 1.9.2009. YTV. Helsinki

Parvus. (2008). *Parvus to Unveil Revolutionary Vision-Based Passenger Counter at APTA Bus and Paratransit*. Conference 05/01/2008. Texas.

Permetricstech. (2009). *The ins and outs of counting passengers with treadle switches*. http://www.permetricstech.com/ins_outs.html (10.6.2009).

Reetz. N. (2010). *Sähköposti Nico Reetziltä*. 15.1.2010. Dilax Intelcon GmbH.

Reetz N. (2009a). *Haastatteluja laskentalaitteiden asennuksen yhteydessä*. 4.5-13.5.2009. Dilax Intelcom GmbH. Helsinki.

Reetz N. (2009b). *Sähköposti Nico Reetziltä*. 21.8.2009. Dilax Intelcom GmbH.

Reuter, L. (2003). *Passenger Counting and Service Monitoring: A Worldwide Survey of Transportation Agency Practices*. MTA New York City Transit Division of Operations Planning. 68 s.

Rossetti, M. (2005). *Field testing and evaluation of the transit integrated monitoring system (TIMS)*. *Ttransit IDEA project 19*. Transit IDEA program annual progress report. Transportation research board. 24-26 s.

Ruter As, Enable. (2009). *Passasjertellinger i Ruter As. Forslag till lösning for innhenting, bearbeiding og distribusjon av passasjertall*. Oslo. 28 s.

Räty L. (2009). *HKL:n suunnittelija Lauri Rädyn haastattelu*. 3.9.2009. HKL. Helsinki.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. (2005). *RIL 165-1.2005-Liikenne ja väylät I*. Helsinki.

WSP Analys & strategi. (2007). *Urvalsplan ATR, Exemplet busstrafiken*. Selvitys Tukholman liikennelaitos SL-Trafik:lle. Tukholma.

Siitonen A. (2009). *HKL:n suunnittelijan Arto Siitosen haastattelu*. 8.10.2009. HKL. Helsinki.

Strathman, J. ja Kimpel, T. (2005). *Rail APC validation and sampling for NTD and Internal Reporting at TRIMET*. Center for Urban Studies. College of Urban and Public Affairs. Portland State University. 15s.

Suominen, P. (2009). *Sähköposti HKL:n Petteri Suomiselta*. 23.10.2009. HKL.

Tilastokeskus. (2009). *Ennakkoväkiluku alueittain*. Helsinki.

Transit Cooperative Research Program (TCRP). (1998). *Research Results Digest*. Report on the Fall 1997. International Transit Studies Program. Mission Applications of Intelligent Transportation Systems to Public Transit in Europe. October 1998-Number 31. 17s.

Vihervuori, M. (2009a). *Useita haastatteluja HKL:n johtavan liikennetutkijan Marko Vihervuoren kanssa keväällä, kesällä ja syksyllä 2009*. HKL. Helsinki.

Vihervuori M. (2009b). *HKL:n matkustajamäärien kuukausittaiset laskennat*. HKL/SUY. Helsinki.

Vihervuori, M. (2009c). *Seuruu_Hki -tiedosto joukkoliikenteen matkustajamääristä ja lipputuloista*. HKL/SUY. Helsinki.

YTV. (2009a). *YTV:n kotisivut*. http://www.ytv.fi/FIN/tietoa_ytv/etusivu.htm
(9.11.2009)

YTV. (2009b). *Pääkaupunkiseudun joukkoliikenteen taksa- ja lippujärjestelmän 2014 alustava kuvaus*. YTV:n julkaisu 14/2009. 47 s.

Liite 1: Kyselyn vastaanottajat

Maa	Kaupunki	Yhtiö/t	Vastaus
Belgia	Bryssel	STIB (Société des Transports Intercommunaux de Bruxelles)	x
Espanja	Barcelona	ATM (Autoritat del Transport Metropolità)	x
Espanja	Madrid	CRTM (Consortio regional de transportes de Madrid)	
Espanja	Sevilla	TUSSAM	
Hollanti	Amsterdam	GVB Amsterdam	x
Irlanti	Dublin	Department of transport, Bus Eireann, Dublin bus	x
Iso-Britannia	Birmingham	West Midlands	
Iso-Britannia	Glasgow	First Glasgow	
Iso-Britannia	Lontoo	Transport for London	x
Iso-Britannia	Manchester	GMPT	
Italia	Rooma	ATAC spA	
Italia	Torino	GTT (GRUPPO TORINESE TRASPORTI)	
Italia	Milano	ATM	
Itävalta	Wien	Wiener Linien GesmbH & Co KG	x
Kanada, Brittiläinen Kolumbia	Vancouver	GVTA	
Kanada, Ontario	Toronto	TTC	
Kanada, Québec	Montréal	STM	
Kiina	Hongkong	Transport department	x
Kreikka	Ateena	Athens Urban Transport Organisation (OASA)	
Norja	Oslo	Ruter	x
Portugal	Lissabon	Carris	
Puola	Krakova	MPK Krakow	
Puola	Varsova	City of Warsaw	
Ranska	Bordeaux	Tbc	x
Ranska	Lyon	TCL	
Ranska	Pariisi	City of Paris, RATP Transports en île de France	
Ruotsi	Göteborg	Västrastrafik Göteborg	
Ruotsi	Tukholma	SL-trafiken	x
Saksa	Berliini	BVG	x

Saksa	Frankfurt	Stadtwerke Verkehrsgesellschaft Frankfurt am Main mbH VGF	
Saksa	Hampuri	Hagad ferries:/ HVV (Hamburg Transport Association)	x
Saksa	Kassel	Kasseler Verkehrsgesellschaft	x
Saksa	Köln	KVB Köln	
Saksa	München	MVV (Munich Transport and Tariff Organization),MVG (Munich Transport Company)	x
Singapore		SMRT	
Slovakia	Bratislava	Imhd	
Suomi	Helsinki	HKL	x
Suomi	Jyväskylä	Jyväskylän liikenne	x
Suomi	Kouvola	Kouvolan kaupunki	x
Suomi	Kuopio	Kuopion liikenne	x
Suomi	Lahti	Koiviston liikenne/Lahden liikenne	x
Suomi	Oulu	Oulun kaupunki	x
Suomi	Pori	Porin linjat Oy	x
Suomi	Tampere	Tampereen kaupunkiliikenne TKL	x
Suomi	Turku	Turun liikennelaitos	x
Sveitsi	Geneve	Transports publics genevois,TPG	x
Sveitsi	Zürich	Zürcher Verkehrsverbund ZVV	
Tanska	Kööpenhamina	Movia	x
Tsekki	Praha	Dpp	x
Unkari	Budapest	BKV	x
USA, Illinois	Chicago	CTA	x
USA, Kalifornia	Los Angeles	LADOT	x
USA, New York	City of New York	MTA New York city transit	x

A questionnaire concerning the usage of automatic passenger counters (APC)

Agency name: _____

	In the busses	In the Metro	In the trams	In the local trains
1. Passenger boardings/year?				
2. Does Your agency use automatic passenger counters (APC) to collect ridership data?				
3. If Your agency <i>doesn't use</i> APC, how is the ridership data collected? (After answering jump to the question 11.)				
4. If Your agency <i>uses</i> APC, what is the supplier of the device?				
5. How big is Your agency's fleet a. equipped with and APC? b. total number?				
6. How many lines Your agency has a. in which the data is collected by APCs? b. total number?				

7. What is the accuracy of the the collected data?

8. What are the methods of data verification?

9. What are Your experiences with the device (both positive and negative ones)

a.concerning the hardware?

b.concerning the software?

10. Does Your agency need to further process the collected data with some other application and how?

11. How do You use collected data?

12. In the future would You like to get some more information from the devices? If yes, what is lacking now

Liite 3: Matkustajalaskennan menetelmät kyselyyn vastanneissa kaupungeissa

Maa	Kaupunki	APC käytössä	Ei APC:tä	Millainen laite	Laitteen valmistaja	Miten matkustajamäärät lasketaan, jos ei APC:llä
Belgia	Brysseli		x			Manuaalilaskennoilla
Espanja	Barcelona		x			Rahastusjärjestelmästä
Hollanti	Amsterdam	x		Infrapunailmaisintekniikka	Iris ja Dilax	
Irlanti	Dublin		x			Rahastusjärjestelmästä, tutkimuksista ja valvontakameroista.
Iso-Britannia	Lontoo	x		Raitiovaunuissa ja raitiometrin asemilla infrapunailmaisimet ja junien matkustajamäärät saadaan punnitsemalla junat.	Infrapunailmaisimet Acorel:in	
Itävalta	Wien	x		Infrapunailmaisintekniikka	Dilax ja Iris	Käytetään lisäksi manuaalilaskentoja.
Kiina	Hong Kong		x			Rahastusjärjestelmästä (Octopus-älykortti) ja metroasemilla kääntöpuomien avulla.
Norja	Oslo	x		Infrapunailmaisintekniikka	Init	Lisäksi manuaalilaskentoja kaikissa kulkumuodoissa.
Puola	Budapest	x		Bussin ilmanpaineen vaihteluita mittaava laite.	Knorr-Bremes ja SRG	
Ranska	Bordeaux		x			Rahastusjärjestelmästä ja vuosittaisista manuaalilaskennoista.

Ruotsi	Tukholma	x		Infrapunailmaisintekniikka	ATR	Metrosta manuaalilaskentojen avulla.
Saksa	München	x		Infrapunailmaisintekniikka	Iris	
Saksa	Berliini	x		Infrapunailmaisintekniikka	Dilax ja Interautomation	
Saksa	Kassel	x		Ainakin infrapunailmaisintekniikka	Ainakin Dilax	
Saksa	Hampuri	x		Infrapunailmaisintekniikka	Dilax ja Iris	
Suomi	Helsinki	x		Infrapunailmaisintekniikka	Dilax	Käytetään myös rahastusjärjestelmää (matkakortti) sekä manuaalilaskentoja.
Suomi	Kouvola		x			Ei tietoa.
Suomi	Kuopio		x			Rahastusjärjestelmästä (Voucher)
Suomi	Pori		x			Rahastusjärjestelmästä
Suomi	Oulu		x			Rahastusjärjestelmästä
Suomi	Tampere		x			Rahastusjärjestelmästä
Suomi	Turku		x			Rahastusjärjestelmästä (Fare Palette)
Suomi	Jyväskylä		x			
Suomi	Lahti		x			Rahastusjärjestelmästä (Pusatec)
Sveitsi	Geneve	x		Infrapunailmaisintekniikka	Iris	

Tanska	Kööpenhamina	x		Infrapunailmaisintekniikka	Dancount	Lähijunista manuaalilaskentojen avulla
Tsekki	Praha	x		Busseissa renkaan ilmanpaineen vaihteluja mittaavat laitteet ja metrossa optiset sensorit.	Ei tietoa	Raitiovaunuista manuaalilaskentojen avulla
Yhdysvallat	New York City		x			Manuaalilaskennoilla.
Yhdysvallat	Kalifornia, Los Angeles	x		Infrapunailmaisintekniikka	Iris	
Yhdysvallat	Illinois, Chicago	x		Infrapunailmaisintekniikka	Clever Devices	Rahastusjärjestelmää käytetään enemmän viralliseen raportointiin.

Liite 4: Bussin 360 virheilmoitusesimerkki

System : Dilax PCS
Device : BBM-WEB 4.0.8
Operator: VT
Vehicle : 360

2009-09-14 04:30:32 system[warn]: One or more sensor signals at door 2, car 360 did not toggle since 09.09.2009 08:57:47
2009-09-14 04:30:32 system[warn]: One or more sensors at door 2, car 360 did not count any passengers since 09.09.2009 08:57:47
2009-09-14 04:30:32 system[warn]: Door open signal at door 2, car 360 did not toggle since 09.09.2009 09:02:10
2009-09-14 04:30:32 system[warn]: One or more sensor signals at door 3, car 360 did not toggle since 09.09.2009 09:02:10
2009-09-14 04:30:33 system[warn]: One or more sensors at door 3, car 360 did not count any passengers since 09.09.2009 09:02:10
2009-09-14 04:30:33 system[warn]: Door open signal at door 3, car 360 did not toggle since 09.09.2009 09:02:10
2009-09-14 04:31:33 system[fatal]: Sensor link chain interrupted at door 2, car 360, sensor position 1
2009-09-14 04:31:33 system[fatal]: Sensor link chain interrupted at door 3, car 360, sensor position 1
2009-09-14 13:38:06 system[warn]: One or more sensor signals at door 2, car 360 did not toggle since 09.09.2009 08:57:47
2009-09-14 13:38:07 system[warn]: One or more sensors at door 2, car 360 did not count any passengers since 09.09.2009 08:57:47
2009-09-14 13:38:07 system[warn]: Door open signal at door 2, car 360 did not toggle since 09.09.2009 09:02:10
2009-09-14 13:38:07 system[warn]: One or more sensor signals at door 3, car 360 did not toggle since 09.09.2009 09:02:10
2009-09-14 13:38:07 system[warn]: One or more sensors at door 3, car 360 did not count any passengers since 09.09.2009 09:02:10
2009-09-14 13:38:07 system[warn]: Door open signal at door 3, car 360 did not toggle since 09.09.2009 09:02:10
2009-09-14 13:39:07 system[fatal]: Sensor link chain interrupted at door 2, car 360, sensor position 1
2009-09-14 13:39:07 system[fatal]: Sensor link chain interrupted at door 3, car 360, sensor position 1
2009-09-14 20:59:01 system[warn]: One or more sensor signals at door 2, car 360 did not toggle since 09.09.2009 08:57:47
2009-09-14 20:59:01 system[warn]: One or more sensors at door 2, car 360 did not count any passengers since 09.09.2009 08:57:47
2009-09-14 20:59:01 system[warn]: Door open signal at door 2, car 360 did not toggle since 09.09.2009 09:02:10
2009-09-14 20:59:01 system[fatal]: Sensor link chain interrupted at door 2, car 360, sensor position 1
2009-09-14 20:59:01 system[warn]: One or more sensor signals at door 3, car 360 did not toggle since 09.09.2009 09:02:10
2009-09-14 20:59:01 system[warn]: One or more sensors at door 3, car 360 did not count any passengers since 09.09.2009 09:02:10
2009-09-14 20:59:01 system[warn]: Door open signal at door 3, car 360 did not toggle since 09.09.2009 09:02:10
2009-09-14 20:59:01 system[fatal]: Sensor link chain interrupted at door 3, car 360, sensor position

Legend:

- BBM/WHO-GeräteETH
- door slave TSL-998
- sensor
- digital input
- repeater
- Dilax Sensor Serial Link
- Dilax SSL with 90° one side
- Dilax LAN
- GPS antenna
- Communication Modul with antenna
- transfer / repeater

Car A: Shows a repeater (2) connected to a door slave TSL-998 and a sensor. Cables include SSL cable 0.5m, SSL cable 1m, and LAN cable 7m.

Car B: Shows a repeater (4) connected to a door slave TSL-998 and a sensor. Cables include SSL cable 0.5m, SSL cable 1m, and LAN cable 7m.

Car C: Shows a repeater (3) connected to a door slave TSL-998 and a sensor. Cables include SSL cable 0.25m, SSL cable 1m, and LAN cable 8m.

Inset: Detailed view of the communication module showing connections for GSM/GPS combined antenna, door enabling signal speedometer, +24V/0V power supply, BBM, CMM, power supply & RS232, LAN to TSL 2, LAN to TSL 4, and SSL-Link.

BBM, TSL and CMM in 19" Rack 28TE

Liite 6: Virhetarkastelun laskentalomake

LINJAN 3B REITTI Suunta 1

Ovi

Pvm.

Pysäkki	Tuloaika	Lähtöaika	Nousi	Poistui	Liikenneviive	Pysäkkiviive	Huomioita
Olympialaituri							
Kaivopuisto							
Neitsytpolku							
Kapteeninkatu							
Eiran sairaala							
Viiskulma							
Iso Roobertinkatu							
Fredrikinkatu							
Erottaja							
Ylioppilastalo							
Rautatieasema							
Kaisaniemi							
Varsapuistikko							
Hakaniemi							
Kallion virastotalo							
Karhupuisto							
Kaarlenkatu							
Urheilutalo							
Porvoonkatu							
Alppila							
Karjalankatu							
Eläintarha							

